

Mikko Heikkinen

HAKEMITTAUKSEN PARANNUSEHDOTELMA

Opinnäytetyö
Sähkötekniikan koulutusohjelma


Joulukuu 2012




MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU

Mikkeli University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

 <p>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences</p>		Opinnäytetyön päivämäärä	
Tekijä(t) Mikko Heikkinen		Koulutusohjelma ja suuntautuminen Sähkövoimatekniikka	
Nimeke Hakemittauksen parannusehdotelma			
Tiivistelmä <p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli laatia parannusehdotelma hakemittaukseen. Nykyinen hakemittaus sijaitsee Misawa Oy:n sahalaitoksella, jota hoitaa Etelä-Savon Energia Oy. Tavoitteena oli selvittää, millä eri tavoin pystyttäisiin kyseinen mittaus toteuttamaan. Selvitän myös yleistä teoriaa mittauksista, järjestelmistä ja niiden ongelmista.</p> <p>Suurin osa aineistosta opinnäytetyötä varten hankittiin haastatteluin ja internetistä saamieni manuaalien avuin.</p> <p>Tuloksena löytyi kaksi erilaista hakemittautapaa sahalaitokselle, kun haluamme mitata massavirtausta. Punnitusantureilla varustettu hihnakuuljetin tai toinen vaihtoehto oli radiometrinen hihnavaaka. Vertailen molempien mittautapojen hyviä sekä huonoja puolia.</p> <p>Lopuksi esitän oman parannusehdotelman, jossa valitsen kyseiseen paikkaan halvimman ja toimivimman ratkaisun hakemittauksen parantamiseksi.</p>			
Asiasanat (avainsanat) Hake, mittaus, mittausmenetelmät			
Sivumäärä 36 + 10	Kieli Suomi	URN	
Huomautus (huomautukset liitteistä)			
Ohjaavan opettajan nimi Teemu Manninen		Opinnäytetyön toimeksiantaja Etelä-Savon Energia Oy Heikki Kaartinen	

DESCRIPTION

 <p>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences</p>		Date of the bachelor's thesis	
Author(s) Mikko Heikkinen		Degree programme and option Electrical Engineering	
Name of the bachelor's thesis To improve wood chip measurement			
Abstract <p>The aim of this thesis was to create improvement for wood chip measurement. The current wood chip measurement are located at Misawa Oy sawmill and it is operated by the Etelä-Savon Energia Oy. The goal was to find out the different ways to measure wood chips. I also consider the general theory of measurements, systems and their problems.</p> <p>Most of the material for this thesis was obtained through interviews and on the internet from manuals.</p> <p>As a result, I found two different types of wood chip measuring methods for measuring the mass flow. Load cell equipped with a conveyor belt or the other option was radiometric belt scale. I compare both measurements in the thesis.</p> <p>Finally, I present my own improvement where I choose the more economical and the best solution to improve the measurement of wood chips.</p>			
Subject headings, (keywords) Wood chips, measurement, measuring method			
Pages 36 + 10	Language Finnish	URN	
Remarks, notes on appendices			
Tutor Teemu Manninen		Bachelor's thesis assigned by Etelä-Savon Energia Oy Heikki Kaartinen	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	1
2	ETELÄ-SAVON ENERGIA OY	2
2.1	Historia.....	2
2.2	Etelä-Savon Energia Oy ja tytäryhtiöt	2
3	MISAWA OY	3
4	HAKEMITTAUKSEN NYKYTILANNE SAHALAITOKSELLA.....	3
4.1	Ongelmat.....	5
5	MITTAUSTEKNIikka	5
5.1	Uudet suuntaukset.....	5
5.2	Metrologia.....	6
5.3	Yleinen mittausjärjestelmän rakenne.....	6
5.4	Automaatiotekniikan mittaukset	7
6	MITTAUSTEN SUORITUSKYKY	8
6.1	Tarkkuus ja epävarmuus	9
6.1.1	Mittausvirhe	9
6.1.2	Ominaiskäyrä	11
6.1.3	Ympäristöolosuhteiden aiheuttama epävarmuus	12
6.1.4	Hitaista muutoksista aiheutuvat virheet	12
7	MITTAUSANTURIT	13
8	HAKEMITTAUSTAVAT	13
8.1	Punnitusanturit.....	13
9	YLEISESTI PUNNITUSANTUREISTA	13
9.1	Yksirullahihnavaaka	14
9.2	Venymäliuska-anturi.....	15
9.3	Leikkausvoima-anturi	17
9.4	Taivutusanturit.....	18
9.5	Rengasanturit	18
9.6	Mittaussillat	19
9.7	Wheatstonen silta.....	20
9.8	Summaava hihnavaaka	21

9.9	Kalibrointi.....	22
9.10	Asennus.....	22
9.11	Suojaaminen.....	22
9.12	Johdon vaikutus	23
10	RADIOMETRINEN MITTAUS.....	24
10.1	Umpi- ja säteilylähteet.....	28
10.2	Kuljettimien säteilylähteiden suojaukset sekä kilvet ja merkinnät	30
10.3	Ilmaisin	31
10.4	Asennus.....	32
10.5	Säteilyvalvonta.....	32
11	SAHATAVARAN SIVUTUOTTEET.....	33
11.1	Syntyminen prosessissa	33
11.2	Saanto.....	34
11.3	Hakkeen kuljetus.....	34
12	PARANNUSEHDOTUS.....	35
13	YHTEENVETO	36
	LÄHTEET	37
	LIITE/LIITTEET	
	1 Yksisivuinen liite	

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena on suunnitella parannusehdotelma hakemittamiseen Etelä-Savon Energia Oy:lle. Hakemittauspiste sijaitsee Misawa Homes of Finland Oy-sahayhtiön alueella Pursialassa. Kaikki Misawan tuottama hake, puru ja kuoret kulkeutuvat paineilmalinjan kautta Etelä-Savon Energialle.

Yritykselle on aiheutunut ongelmia nykyisestä hakemittauksesta. Nykyinen hakemittaus aiheuttaa mittausvirheitä sään vaihteluiden takia etenkin talvisin. Olen ollut kesätoissa yrityksessä vuosina 2010 - 2012. Työn ohessa kesäisin on joutunut kalibroimaan hakemittauksia ja tutkimaan syitä, minkä takia mittausvirheet syntyvät.

Tässä työssä käsittelen teoriaosuudessa yleisesti sähkömittauksia. Käsittelen myös eri tapoja, joilla voidaan hakemittaus toteuttaa. Lopuksi kerron oman parannusehdotukseni.

Kiinnostus työn tekemiseen syntyi, kun huomasin, ettei mittaus korjaannu nykyisten olosuhteiden takia. Tästä syystä kysyin, voisinko tehdä hakemittaukselle parannusehdotuksen opinnäytetyönäni.

2 ETELÄ-SAVON ENERGIA OY

2.1 Historia



KUVA 1. Etelä-Savon Energia Oy

Etelä-Savon Energia on energiayhtiö, jonka omistaa Mikkelin kaupunki. Energiayhtiö sijaitsee Pursialassa Saimaan rannalla. Kuvassa 1. on Etelä-Savon Energia Oy:n voimalaitos. 1900-luvulla perustettiin osakeyhtiö Mikkelin Sähkölaitos. Sähkönkuluttajia oli ensimmäisenä vuonna vain 28, mutta sen jälkeen sähkönkuluttajien määrä nousi nopeasti. Mikkelissä kaukolämpötoiminta alkoi vuonna 1950, minkä johdosta sähkölaitos muuttui energialaitokseksi. Itsenäiseksi osakeyhtiöksi energialaitos Etelä-Savon Energia muodostettiin vuonna 1994. Tänä päivänä ESE:llä on kaksi tytäryhtiötä: ESE-Verkko Oy ja ESE-Tekniikka Oy. [1.]

2.2 Etelä-Savon Energia Oy ja tytäryhtiöt

Etelä-Savon Energia Oy (ESE) energiayhtiö tuottaa ympäristöystävällistä energiaa. ESE:n sähkön ja kaukolämmön tuotanto tapahtuu omassa vastapainevoimalaitoksessa Pursialassa. Polttoaineet ovat lähes 100 % kotimaista, ja puupolttoaineiden osuus on 60 %. Pursialan voimalaitoksen sähkön tuotannosta myydään lähes 80 %, josta loput menee oman alueen ulkopuolelle. [1.]

ESE-Verkko Oy:n hoitaa omalla sähköverkkoalueella sähkönjakelun ja vastaa siitä. Yhtiö sijaitsee Mikkelin keskustassa Vuorikadulla. Yhtiön vastuulla on myös sähkönjakelua koskevat sopimukset:

- liittymäsopimukset
- verkkopalvelusopimukset
- johtoaluesopimukset
- muuntamoiden vuokrasopimukset.

ESE-Tekniikka Oy tarjoaa teollisuuslaitoksille sekä muille kiinteistöille kokonaisvaltaisia energiaratkaisuja. Yhtiö pystyy esimerkiksi investoimaan höyry- tai lämpölaitoksen asiakkaan puolesta ja toimittaa lämpöä. Este-tekniikka Oy:n liiketoimialueeksi kuuluu myös huoltopalvelut. Huoltopalveluihin kuuluvat liikenne- ja katuvalohuollot sekä liikuntapaikka- ja aluevalaistuksen huoltotyöt. Este-tekniikka Oy rakentaa myös sähköverkkoa ja kuluttajaliittymiä sekä katu-, alue- ja liikuntapaikkavalaituksia. [1.]

3 MISAWA OY

Misawa Oy on saha, joka sijaitsee Mikkeliissä, Etelä-Savon alueella Suomessa. Vuodesta 1994 Misawa Oy on tuottanut ja myynyt kuivaamossa kuivatut puut sekä ostanut sitä Skandinaviasta ja muista EU-maista. Kuivaamossa kuivattua puu tavaraa viedään Japaniin. [2.]

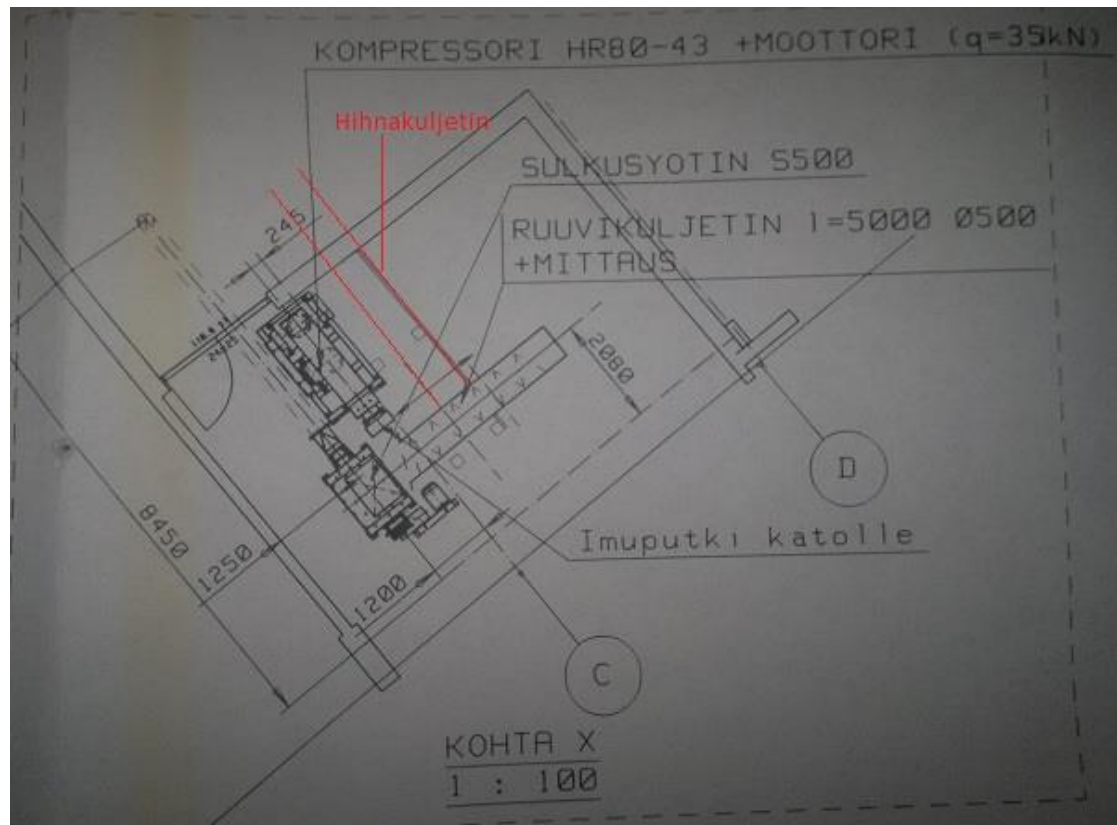
4 HAKEMITTAUKSEN NYKYTILANNE SAHALAITOKSELLE

Nykyinen hakemittaus on toteutettu radiometrisellä vaa'alla, joka on asennettu ruuvikuljettimelle. Polttoaine kulkeutuu hihnakuljettimelta ruuvikuljettimelle, jonka jälkeen polttoaine siirretään paineilmalinjan kautta voimalaitokselle. Ruuvikuljettimen päälle on asennettu 2 säteilijää (liite 4), jotka mittaavat hakkeen massavirtausta. Mittausyksikkö on voimalaitoksella polttoaine labrassa. Mittaukset tallentuvat voimalaitoksen serverille.

Puru voidaan ohjata rajakatkaisijalla (liite 2) joko vastaanottoasemalle tai suoraan kolakuljettimelle. Puru menee suoraan poltettavaksi jos se ohjataan kolakuljettimelle. Paineilmalinja on varustettu kipinävahdeilla ja sammutus järjestelmällä. Kipinäilmai-

sin järjestelmän keskus sijaitsee ESE 2:n kattilahallissa. Palotekniikka Oy on suunnitellut järjestelmän.

Ilmaisim tarkkailee säteilyn määrää ruuvikuljettimella ja lähettää virtaviestiä 4-20 mA mittausyksikölle. Mittausyksikkö laskee massavirtauksen (kg/s) virtaviestistä. Käytössä on vain yksi mittauskanava. Kuvassa 3. on sahalaitoksen hakkeen kuljetukseen tarvittavia toimilaitteita.



KUVA 3. Toimilaitteiden sijoittelu kuva sahalaitoksella

Toimilaitteet joita hakkeen kuljetuksessa käytetään. Suunnitelma on esitelty liitteessä 2. Laitteet on esitetty taulukossa 1.

Toimilaite	Tyyppi/Tiedot
Kompressori	HR80-43
Moottori	P = 7,5 kW, n = 1500 rpm/min
Sulkusyötin	n = 30 rpm/min
Moottori	P = 5,5 kW, n = 1500 rpm/min
Tappivaihde	-
Imuäänenvaimennin	+ imusuodatin

Paineäänenvaimennin	-
Ejektori	NS200/NS150
Jakaventtiili	-
Syklooni	-

TAULUKKO 1. Pneumaattisen linjan toimilaitteita

Radiometrisen vaa'an on valmistanut Ohmart. Asennuksen ja toimituksen järjesti Kouvo Automation Oy. Finn pneumatic Oy suunnitteli purun pneumaattisen kuljetin kaavion (liite 2).

Radiometrinen ruuvivaaka toimii hyvin ilman suuria lämpötilan vaihteluita. Kesäisin vaakaan ei ole tarvinnut koskea, mutta syksyn saapuessa alkavat yleensä mittaus reistaitalemaan. Jonka seurauksena joutuu kalibroimaan ja ottamaan testi kuormia, jotta saataisiin mittaus takaisin normaalin tilaan.

4.1 Ongelmat

Ongelmaksi ovat syntyneet mittausvirheet. Mittausvirheet syntyvät lämpötilanvaihteluista ja ruuvikuljettimen kulumisesta. Nykyinen mittauspaikka on ulkona katoksen alla, jonka johdosta sään vaihtelut pystyvät aiheuttamaan mittausvirheitä. Tämän takia on ruvettu seuraamaan mittauksia useammin, etenkin talvisin.

Hake kulkeutuu sisätiloista lämpimänä ulkopuolelle, mutta hake kerkeää jäähtyä ennen kuin se putoaa ruuvikuljettimen sisälle. Hakkeen jäähtyttyä osa hakkeesta jää ruuvin metalli pinnoille kiinni, jonka seurauksena mittauksissa näyttää väärin. Käytännössä sama hake on useamman kerran samoissa mittauksissa ennen kuin se irtoaa metalli pinnasta. Toinen mittauksien virheitä aiheuttava asia on ruuvin kuluminen. Ruuvikuljetin pyörii ympärivuorokauden, jolloin se myös kuluu vuosien varrella jatkuvasti. Näitten syiden takia kalibrointia joutuu tekemään useasti.

5 MITTAUSTEKNIikka

5.1 Uudet suuntaukset

Tutkimustoiminta ja tuotanto laittavat mittaustekniikalle vaatimuksia:

- Automatisoitu, vaiheistettu ja mekanisoitu tuotanto ei toimi ilman laajaa tarkastus- ja mittaustoimintaa.
- Vaatimukset mittausten laadun, tarkkuuden, varmuuden, luotettavuuden ja nopeuden suhteen kasvavat.
- Yksittäisten mittaussuureiden alueet ovat laajentuneet 20 vuoden aikana useita dekadeja.
- Prosessin tilojen ja muutosten mittaustietoja käsitellään lisääntyvästi.
- Automaattista mittausta vaativat tuotannon automaatiot.

Mittauslaitteita joudutaan yhdistelemään yleensä järjestelmiksi. Käyttämällä sopivia antureita useimmat suureet voidaankin muuntaa sähköiseksi signaaliksi, jonka käsittely järjestelmässä on helppoa. [3.]

Mittausten antamien parempien tietojen seurauksena voidaan kehittää fysiikan tuntemusta. Fysiikan tuntemuksen kehittyessä saadaan mahdollisuuksia rakentaa uusia ja parempia mittauslaitteita. Ilman mittaustekniikan kehitystä fysiikan kehittyminen pysähtyy ennen pitkää. [3.]

5.2 Metrologia

Mittaamisen käsittelevää tiedon aluetta kokonaisuudessaan sanotaan metrologiaksi.

Sen keskeisiä kohteita ovat:

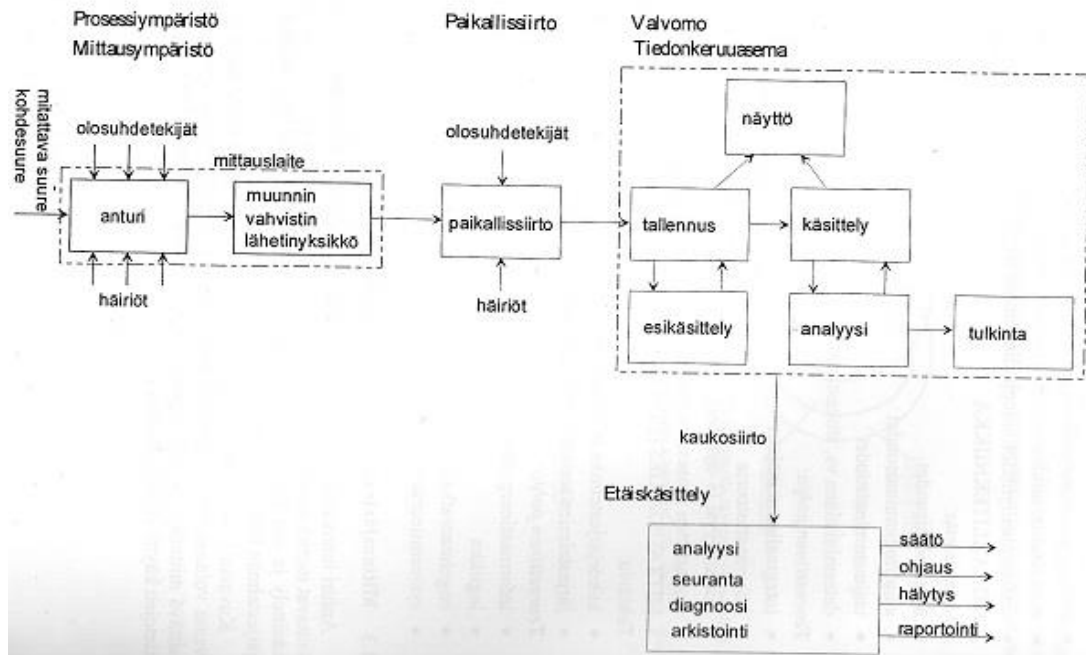
- suureet (mittausten perustana)
- mittayksiköt ja niiden mittanormaalit (mittanormaalien määrittely, valmistus, säilytys ja vertailu)
- mittaukset (mittausten suoritus, niiden tarkkuuden arviointi, mittausten menetelmät ym.)
- mittaustulosten käsittely ja niiden luotettavuuden arviointi
- mittausten inhimilliset tekijät (mittaajan toimitapa ja suorituskyky).

Standardi SFS 5197 määrittelee mittaustekniikan mittauksiin sovellettuna teknologiana. [3.]

5.3 Yleinen mittausjärjestelmän rakenne

Anturin tehtävänä on tunnistella kohdetta ja muodostaa signaali. Mittauksessa vaikuttavat monet muutkin tekijät kuin kohdesuure. Käsittely, tallennus, signaalin siirto ja

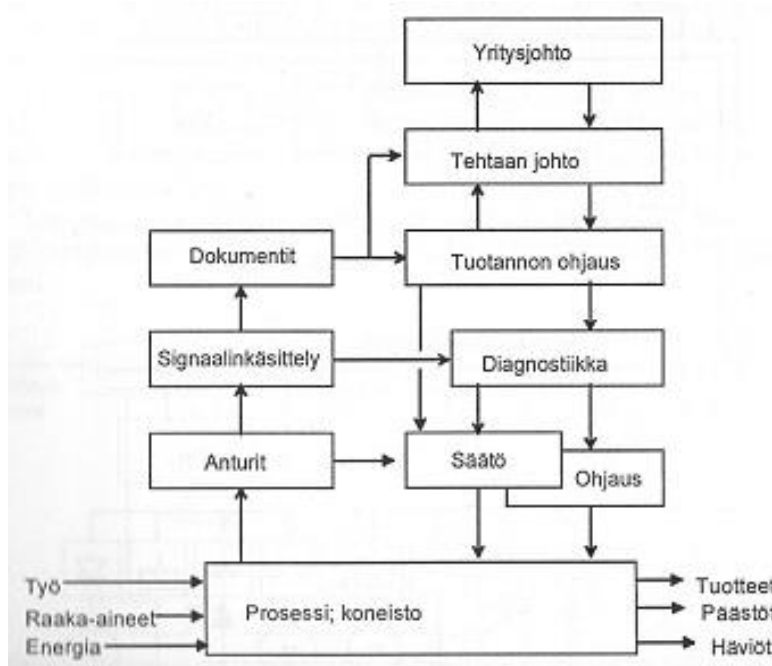
niiden perusteella tehtävät toiminnot voivat vaihdella suuresti järjestelmän tehtävästä riippuen. Kuvassa 4. esittelen varsin yleisen mittausjärjestelmän rakenteen. Kuvasta voidaan erottaa signaalinmuodostuksen, mittauskohteen ja anturin käsittävä tietojen keruu, signaalin siirrot, mittausympäristö, käsittely sekä tietojen käyttö erilaisissa tarkoituksissa. [3.]



KUVA 4. Mittausjärjestelmän yleinen rakenne. [3.]

5.4 Automaatiotekniikan mittaukset

Prosessiautomaation tarkoituksena on panoksittain tai jatkuvasti hallita tuotantoa niin, että toimitaan taloudellisesti ja turvallisesti sekä tuotannossa ei esiinny tuotantokatkoja. Kuvassa 5. esitetään automaatiojärjestelmän informaation kulkua hierarkkisesti.



KUVA 5. Prosessiautomaatio informaationkäsittelyjärjestelmänä. Prosessia esittää alin lohko ja siihen liittyvät informaation käsittely on esitetty hierarkkisen organisaatiomallin tapaan. Suuremmissa automaatiojärjestelmissä esiintyvät ylimmät tasot. [3.]

Prosessiautomaatiossa sovelletaan monipuolisesti mikroprosessoreita. Mittauslähettimet ovat standardisignaalin antavia elektronisia mittauslaitteita. Yleisin käytetty standardisignaali on 4-20 mA tasavirtasignaali. Jonkin verran käytetään myös 0-20 mA, 1-5 V, 0-5 V tai -10...10 V signaaleja. [3.]

Uusien mittauslaitteiden tullessa markkinoille tarkkuus kehittyy jatkuvasti. Monesti mittausepävarmuuden määrääkin jo prosessiliitântä ja kunnossapito, eikä mittauslaitteen ”oma” mittausepävarmuus. Yleensä kysymyksenä on usein mittauksen liitântäpaikan valinnasta. Jonka edellytyksenä onnistuminen prosessin suunnittelussa on suuri. [3.]

6 MITTAUSTEN SUORITUSKYKY

Mittausten onnistumisen kannalta tärkeää on se, että käytettävä mittauslaite soveltuu mittaussuureen mittaamiseen. Käyttäjän tulee ymmärtää mittaustehtävä, jotta hän on kykeneväinen suorittamaan. [3]

Mittauslaitteen pitää olla spesifinen. Sen täytyy antaa tieto juuri siitä suureesta, mitä halutaan mitata, sekä sen on oltava tunteeton käyttöolosuhteille ja muille kuin kohdesuureelle. Mittauslaitteen tulee olla riittävän tarkka. [3.]

Mittajaan tulee ymmärtää ja on osattava tehtävänsä kunnolla. Lisäksi tulee ottaa huomioon havaintojen ja kirjausten ynnä muiden toimenpiteiden vaatima aika. Nopeuden tai stressin kasvaessa tietyn rajan yli virheen todennäköisyys kasvaa rajusti, jolloin suorituskky pienenee huomattavasti. Varsinkin tarkkuusmittaustoiminnassa on sääntönä, että tehtävä tulee voida suorittaa ilman kiireitä. [3.]

Tärkeää on myös se, että toimitaan niin henkilön kuin laitteiden edellytysten puitteissa. Käyttöedellytysten tärkeän osan muodostavat olosuhteet. Esimerkkinä muista edellytyksistä mainittakoon laitteen virtalähteen kunto varsinkin, jos käytetään paristoa tai akkua. Edellytyksenä tulee myös ottaa huomioon viimeisimmästä kalibroinnista kulu-
nut aika. [3.]

6.1 Tarkkuus ja epävarmuus

Tarkkuus on metrologiassa laadullinen käsite, jolla ei ole suureen luonnetta eikä arvoa sen takia. Mittauslaitteen tarkkuus on määritelty mittauslaitteen kykynä antaa virheettömiä tuloksia. Kun halutaan käsitellä asiaa laadun kannalta, on virheettömyys ilmais-
tava mittautuloksen epätasällisyyttä sopivalla tavalla kuvaavin käsittein. Suhteellisen ja absoluuttisen mittausvirheen lisäksi puhutaan myös mittausepävarmuudesta ja eri epävarmuuskomponenttien suuruuksista. [3]

6.1.1 Mittausvirhe

Mittausvirheitä voidaan kartoittaa usealla tavalla. Muutamia tarkastelutapoja on esitelty tässä:

Epätarkkuus

- Systemaattinen virhe
- Mittausepävarmuus
 - Tuntematon systemaattinen virhe
 - Satunnaisvirhe

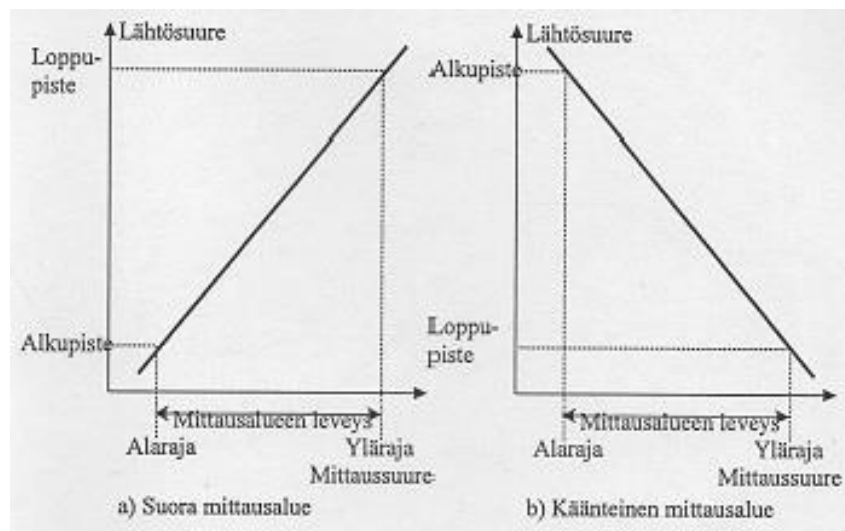
Muutoksiin liittyvät virheet

- Staattinen virhe
- Dynaaminen virhe
 - Amplitudivirhe
 - Vaihevirhe

Aiheuttajan mukainen tarkastelu

- Menetelmävirhe
- Havaitsemisvirhe
 - Interpolointivirhe
- Menetelmän systemaattinen virhe
- Laitevirhe
 - Ominaiskäyrän kuvaama virhe
 - Vaikutussuureiden aiheuttama virhe

Mittausalue tulee määritellä aluksi. Määrittelyä tarvitaan erityisesti silloin, kun mittauslaitteen ominaiskäyrää voidaan muuttaa virittämällä laite. Instrumentoinnissa käytetään standardoituja signaaleja, ja sen takia mittausalue määritellään lähtösuureen kiinteistä arvoista käsin. Esimerkiksi kuvan 6 mukaan.



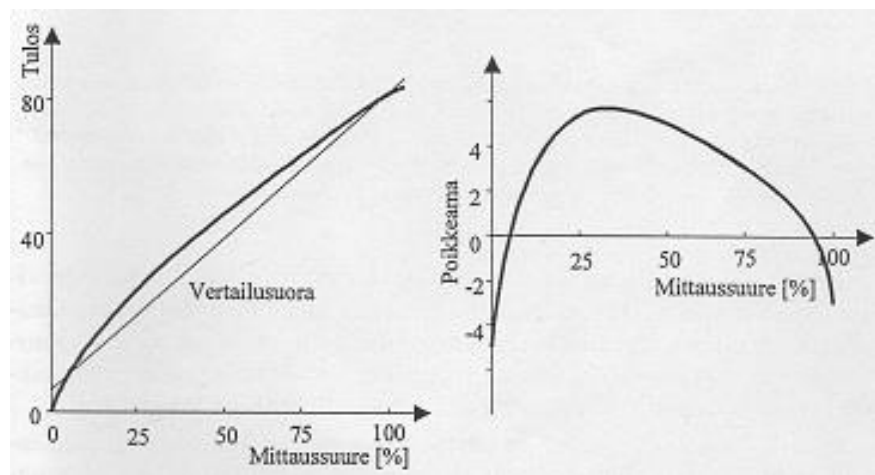
KUVA 6. Mittausalueen määrittelyminen [3.]

Mittausalueen alkupiste on se mittaussuureen eli kohdesuureen arvo, joka vastaa lähtösuurealueen alkupistettä. Mittausalueen loppupiste on puolestaan se mittaussuureen arvo, joka vastaa lähtösuurealueen loppupistettä. Mittausalueen leveys on loppu- ja alkupisteen erotuksen itseisarvo. Jotkut virhetekijät ilmoitetaan vaikutuksena mittaus-

alueeseen. Ilmaisus ei anna suoraan virhettä, mutta se voidaan laskea herkkyyden avulla. [3.]

6.1.2 Ominaiskäyrä

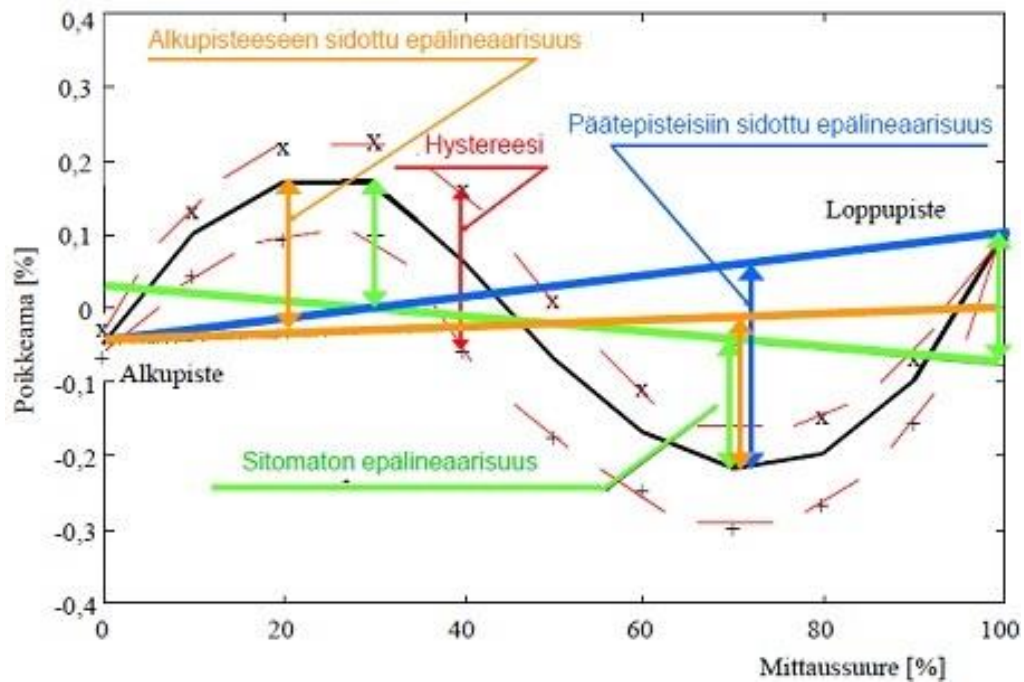
Ominaiskäyrällä kuvataan laitteen staattisia ominaisuuksia. Se määritetään tilanteissa, joissa muutosilmiöt ovat tasaantuneet. Tässä kuvassa 7 esitellään ominaiskäyrä ja sen poikkeamakäyrä.



KUVA 7. Ominaiskäyrä ja sen esitys poikkeamakäyränä [3.]

Epälineaarisuus pystytään ilmoittamaan erilaisia käyttötarpeita vastaavilla tavoilla. Sitomaton epälineaarisuus on ominaiskäyrän suurin poikkeama suorasta, joka minimoi maksimipoikkeaman. Jos suora vedetään mitatun ominaiskäyrän molempiin päätepisteisiin tai vain alkupisteeseen, kyseessä on vastaavasti päätepisteisiin tai alkupisteeseen sidottu epälineaarisuus. [3; 25.]

On tapauksia, joissa mittauslaitteen toivottu ominaiskäyrä on epälineaarinen. Tällaiseen vertailukäyrään nähden lausuttua suurinta poikkeamaa ei sanota epälineaarisuudeksi, vaan muuntovirheeksi. Kuvassa 8 on esitetty graafisesti epälineaarisuus ja hystereesi.



KUVA 8. Epälineaarisuus ja hystereesi. Suoran sovituskriteeri: maksimipoikkeaman minimointi [25.]

Epälineaarisuus on ominaiskäyrän suurin poikkeama vertailusuorassa, hystereesi on ominaiskäyrän haarojen suurin väli. Erilaisia epälineaarisuuksia käytetään riippuen, kuinka laite viritetään. Jos viritystä ei tehdä täydelliseksi, siitä aiheutuu viritysvirhe. Kun tiedetään ominaiskäyrä, voidaan sen perusteella laatia vastaava korjauskäyrä. Ominaiskäyrän hystereesi on näyttämien ero, kun mitataan suureen saamaa arvoa muutossuunnan ollessa toisaalta suureneva ja toisaalta pienenevä. [3; 25.]

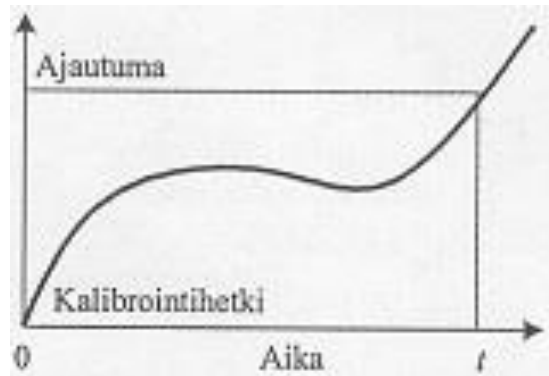
6.1.3 Ympäristöolosuhteiden aiheuttama epävarmuus

Ominaiskäyrä määritetään tavallisesti perusolosuhteissa, jotka tunnetaan esimerkiksi standardin perusteella. Siihen vaikuttaa myös muutokset mittauskohteen ja ympäristön olosuhteissa. Ympäristön vaikutus ilmoitetaan usein kunkin vaikutussuureen määrättyä aluetta vastaavana vaikutuskertoimena. Kerroin ilmoitetaan tavallisesti mittausalueen alkupisteelle ja leveydelle. [3; 25.]

6.1.4 Hitaista muutoksista aiheutuvat virheet

Kun mittauslaitetta tarkastellaan pitkällä aikavälillä, voidaan havaita muutoksia, jotka aiheutuvat materiaalien jännitystilojen kulumisesta, laukeamisesta, ryömintäilmiöistä

ja muista laitteeseen vaikuttavista muutoksista. Nämä vähitellen tapahtuvat muutokset määritellään ajautumana, joka johtuu epästabiiliudesta. Kuvassa 9 on esitelty ajautuma.



KUVA 9. Ajautuma ilmoitetaan yhdessä kalibroinnista kuluneen ajan kanssa. [3.]

Stabiilisuus on todella tärkeä tekijä erityisesti mittauslaitteiden ylläpidossa. Ajautuma ilmaistaan normaalien käyttöedellytysten ollessa voimassa ja aina yhdessä sen muo-
dostumisajan kanssa. [3; 25.]

7 MITTAUSANTURIT

Monien antureiden signaali pitää muuntaa ennen sen siirtämistä. Laajoissa järjestelmissä on paljon hyötyä etenkin, jos eri mittauslaitteista saadaan yhtenäinen standardisignaali. Anturit pyritään valitsemaan, jotta se olisi tarkka ja kestävä. Tärkeänä asiana on myös signaalin soveltuvuus siirrettäväksi ja käsiteltäväksi. [3.]

8 HAKEMITTAUSTAVAT

8.1 Punnitusanturit

Punnituksen mittauksessa antureina käytetään venymäliuska-, tanko-, taipuma-, puristus-, leikkausvoima- ja puristusanturi. [14.]

9 YLEISESTI PUNNITUSANTUREISTA

Punnitusantureitten mittaustarkkuus on nykypäivänä suhteellisen hyvä. Punnitusanturin virheet ensisijaisesti aiheuttaa ylikuorma. Punnitusanturin kapasiteetti lasketaan kaavalla:

$$LCcap = \frac{F_t + F_w + (kuora(oma) + liikkuvakuorma * Fa)}{N}$$

N = Antureitten lukumäärä

Fa = Dynaaminen kuormituskerroin

Fw = Tuulesta aiheutuva voima (suppilot/siilot)

Ft = Nolla-asetusten yhteisvaikutus:

Ft = Liikkuvakuorma * nolla-asetus(%) / (N*100) [12.]

Mittaustarkkuus paranee, jos punnitusantureita on enemmän. Punnitushihnavaaka mittaa jatkuvatoimisesti kuljetinhihnalla siirrettävän tavarain painoa ja hihnan pyörimisnopeutta. Vaa'an mittausyksikkö kerää ja käsittelee mittaustuloksia nopeasti sekä tuottaa tuloksena vaa'an yli kulkeneen tavarainmäärän (t) ja hetkellisen massavirran (t/h). [14.]

9.1 Yksirullahihnavaaka

Yksirullahihnavaaka on luotettava sekä edullinen. Se voidaan rakentaa nopeasti ja helposti jo olemassa olevaan hihnakuljettimeen, jossa yksi rullasto vaihdetaan punnitusrullastoon. Tarkempiin mittaustuloksiin päästään kaksi- tai monirullavaa'alla.

Yksirullahihnavaaka rakentuu suuntaistukiperiaatteella toimivasta punnitusyksiköstä ja siihen kiinnitetystä rullastotelineestä. Punnitusanturi valitaan hihna kuormien mukaan ja rullastot valmistetaan tapauskohtaisesti tilaajan hihnaleveyden ja rullaprofiilin mukaan. Vaaka asennetaan kuljettimien runkorakenteisiin kolmen säädettävän kiinnitysruuvin avulla. Vankka suuntaistukirakenne säilyttää säätöarvonsa pitkäaikaisessa käytössä ja antaa hyvän punnitustarkkuuden (virhe ±1...2 %) myös epäkeskitetyillä hihnakuormilla.

Kaksirullahihnavaaka rakentuu asentamalla kaksi punnitusrullastoa peräkkäin. Sen ansiosta punnitustarkkuus paranee (virhe ± 0,5...1 %).

Monirullahihnavaaka rakennetaan neljän punnitusanturin varaan tuettuna ja yleensä varustetaan vähintään neljällä rullaestolla. Tällaisella ratkaisulla saavutetaan paras mahdollinen mittaustarkkuus (virhe < ± 0,5 %).

9.2 Venymäliuska-anturi

Venymäliuska-anturi on rakennekomponentti, jolla voidaan mitata materiaalin venymistä. Antureita käytetään voimien, momenttien ja paineen yms. mittaamiseen. Sen toiminta perustuu siihen, kun anturissa olevan metallijohteen muoto alkaa muuttua venytyksen aikana ja silloin myös johteen resistanssi muuttuu. [3; 15.]

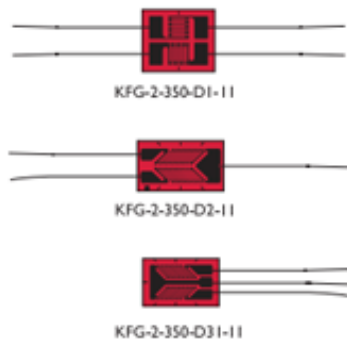
Resistanssi voidaan laskea kaavalla: (2)

$$R = \frac{\rho l}{A}$$

ρ = lankamateriaalin ominaisresistanssi

l = vastuslangan pituus

A = langan poikkipinta



KUVA 10. Venymäliuska-anturi [14.]

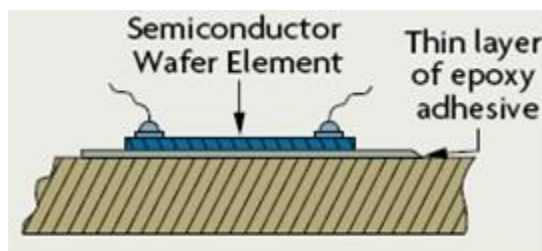
Venymäliuska-antureita on saatavilla lämpötilakompensoituina useille eri materiaaleille, joten mittauksen aikaisesta lämpötilamuutoksesta aiheutuvat näennäisvenymät eivät näy virheenä mittaustuloksissa. Kuvassa 10 on esitetty venymäliuska-anturi.

Liuskoista tavallisesti valmistetaan kahden tai neljän liuskan yhdistelmiä, jotka kiinnitetään kohteisiin liimaamalla. Ensimmäinen liimattu metallijohdinta käyttävä venymäanturi kehitettiin 1938. Metallikelmun tyyppinen venymäanturi koostuu noin 0,025 mm paksuisesta langasta muodostuvasta ristikosta, joka on kiinnitetty suoraan venyvään pintaan ohuella epoksihartsiliimauksella. Pintaa rasittaessa pinnassa tapahtuu muutosta, joka välittyy vastuksella, jolloin vastaava venymä mitataan kalvossa lineaarisesti venymän mukana muuttuvan sähköisen vastuksen avulla. Liima-aineen tulee toimia sähköeristimenä kalvon sekä pinnan välissä. Venymäanturia valittaessa tulee

huomioida anturin vakaus ja lämpötilaherkkyys. Parhaimmat venymäanturimateriaalit ovat myös herkkiä lämpötilavaihteluille ja vasteaika muuttuu käyttöön kasvaessa. Tällöin jatkuva kompensointi tulee huomioida, jos mittaus on jatkuvassa käytössä teollisuudessa. [3; 15; 20.]

Yleisimmät venymäantureissa käytetyt seokset ovat nikkeli-kromiseokset ja kupari-nikkeliseokset. Muita seostyypppejä ovat platinaseokset (volframi) ja nikkeli- ja rautaseos (isoelastic). Jokaisella venymäanturi seoksella on oma yksilöllinen anturikerroin, vaste, anturikertoimen lämpötilakerroin, vasteen lämpötilakerroin ja vakautensa. [19.]

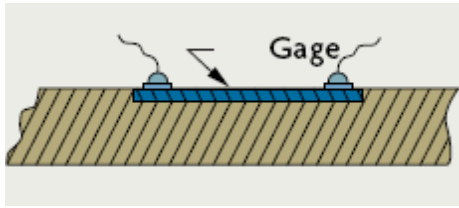
Ensimmäiset puolijohdeet (pii) käyttävät venymäanturit tulivat vuonna 1970 autoteollisuuteen. Nämä venymäanturit mittaavat vasteen muuttumista venymään verrattuna. Koko anturilla on merkittävästi pienempi ja kustannukset huomattavasti alhaisemmat verrattuna metallikalvollisiin. Puolijohdeantureissa käytetään samaa epoksiliimaa kiinnityksessä. Kuvassa 11 puolijohde (pii) venymäanturi. [19; 20.]



KUVA 11. Puolijohdevenymäanturi [19.]

Vaikka nämä puolijohdeantureilla on parempi kestävyys ja herkkyyys, ne ovat herkempiä lämpötilanvaihteluille kuin mitä metallikalvolliset anturit. Toinen ongelma on niiden venymän ja vasteen välisen suhteen epälineaarisuus, mikä vaihtelee 10 - 20 % suoran yhtälöstä. Nämä ongelmat voidaan kompensoida pois tietokoneen ohjelmistoilla. [19.]

Hajautetut puolijohdevenymäanturit ovat teknologian edistysaskel, sillä niiden kiinnityksessä ei tarvita liimaa. Lisäksi hystereesi ja pintavuo poistuvat, kun liima-ainetta ei tarvita. Nämä puolijohdeanturit käyttävät valiografiaan perustuvia suojausmenetelmiä ja kiinteän boorin diffuusiota vaste-elementin sitomiseen. Kuvassa 9 on esitetty hajautettu puolijohdevenymäanturi.



KUVA 12. Hajautettu puolijohdevenymäanturi [19.]

Hajautetut puolijohdevenymäanturit ovat pienikokoisia, edullisia ja tarkkoja. Paineasteikko on laaja, ja signaali on voimakas. Haittana näissä on ympäristönlämpötilan herkkyyks, mikä pystytään kuitenkin kompensoimaan. Voidaan sanoa, että kannattavin venymäanturi on kevyt, edullinen, pienikokoinen, helposti kiinnitettävä ja äärimmäisen herkkä venymän suhteen, sekä sen tulee reagoida mahdollisimman vähän ympäristön- ja prosessinlämpötilan muuttumiseen. [19.]

Liimatut puolijohdevenymäanturit ovat kuitenkin suosittuja venymän mittaamiseen. Niiden yleinen tarkkuus on kuitenkin $\pm 0.10\%$. Näitä antureita on saatavilla lyhyitä malleja, eivätkä ne reagoi voimakkaasti lämpötilan muutoksiin. Voidaan käyttää staattisen ja dynaamisen venymän mittaamiseen. Venymäantureita liimattaessa venyvään pintaan on tärkeää, että sama venymä kohdistuu anturiin että pintaan. Tulee käyttää vain venymäantureille tarkoitettuja liimoja. [19; 20.]

Liimatuilla venymäantureilla voidaan mitata venymää erittäin korkeissa sekä alhaisissa lämpötiloissa esimerkiksi suihkumootoreiden turbiineissa ja kryogeenisiä nesteitä käytettävissä paikoissa jopa niinkin alhaisissa lämpötiloissa kuin -269°C . Kalvo-osia on saatavilla $120\text{-}5000\Omega$ vastusyksiköillä. [19; 20.]

Venymäliuskoista signaali saadaan tavallisemmin käyttämällä siltakytkentää. Valmiiksi johdotettuja liuskoja on saatavilla useilla johdinpituuksilla 2- tai 3-johtimisena. Kolmijohdinkytkennällä pystytään poistamaan mittajohdoista aiheutuvat virheet ympäristönlämpötilan muuttuessa. [3; 15.]

9.3 Leikkausvoima-anturi

Leikkausvoima-anturit ovat tulleet entistä suosituimmiksi kaiken tyyppisten aineiden ja suurikapasiteettisten rakenteiden mittaamiseen. Niitä käytetään myös vakaussmääräykset täyttävissä lattia- ja säiliövaaioissa. Mittausperiaatteena leikkausvoima-anturi antaa hyvän vastuksen sivukuormille ja suhteellisen pienen herkkyysrajan kuormituspisteeseen. Valmistetaan ruostumattomasta teräksestä ja suljetaan hitsaamalla. Kuvassa 13 on Lahti Precisionin leikkausvoima-anturi. [14; 16.]



KUVA 13. Leikkausvoima-anturi [17.]

Pienen kapasiteetin takia leikkausvoima-anturit on vaikeita valmistaa, koska ne vaativat hyvin ohuen välin saavuttaakseen tarvittavat rasitustasot. Yksittäiset leikkausvoima-anturit tulevat kalliiksi ja ovat hankalia asentaa. [14.]

9.4 Taivutusanturit

Taivutusantureita käytetään prosessivaaioissa, vakaussmääräykset täyttävissä vaaioissa ja voimanmittauksissa. Taivutuspalkki-anturit tarjoavat suuria kuormitustasoja suhteellisen pienillä voimilla, mikä tekee niistä hyviä pientehoisia punnitusantureita. Kun palkki-anturilla on symmetrinen taipuma-akseli, silloin on aina kaksi pintaa alistettuna yhtä suurille vastakkaisille rasituksille. Tämä tarjoaakin hyvän keinon toteuttaa kokosiltapiirin, jolloin voidaan helposti kompensoida lämpötilaa. [14.]

9.5 Rengasanturit

Antureita käytetään yhdessä asennussarjojen kanssa autovaaioissa, siilopunnituksissa ja säiliössä. Venymäanturit on kiinnitetty elementin renkaan muotoiseen osaan, joka taipuu kuorman vaikutuksesta. Tämän seurauksena renkaan halkaisija pienenee ylhäällä ja suurenee alhaalla. Tällöin rengasta kuormittaessa kahta venymäanturia puristetaan ja kahta venymäanturia kiristetään. Kuvassa 14 on HBM RTN-tyypin rengasanturi. [14.]



KUVA 14. Rengasanturi [17.]

9.6 Mittaussillat

Monissa antureissa kohdesuure muuttaa jotakin impedanssiparametria. Signaalin muodostaminen edellyttää tällöin impedanssin, resistanssin, kapasitanssin tai induktanssin muuttamista virraksi tai jännitteeksi, koska sen avulla voidaan muokata sitä edelleen ja siirtää. [3; 19.]

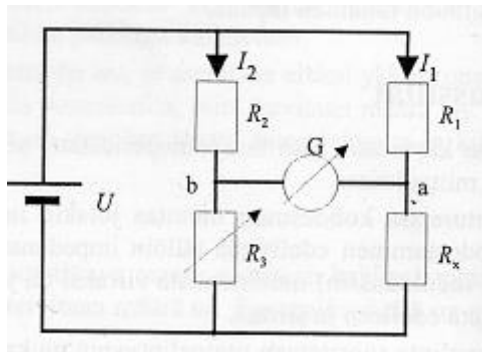
Siltatyypin valinta tapahtuu tuntoelintyyppin mukaan. Jos muunnettava impedanssi on vaihtovirtaimpedanssi, kuten kapasitanssi tai induktanssi, tulee myös sillan olla vaihtovirtasilta. Mittaussilloja käytettäessä tulee sen lähtösignaali saada tasapainoa vastaava asetteluasento. Tällöin voidaan laskea mitattavan anturiparametrin arvo tai kohteena olevan suureen arvo. [3.]

Luettelossa muutamia mittaustehtäviä, joissa käytetään siltamittauksia:

- punnitusanturit (materiaalin muodonmuutos sekä tällä tavoin mitattavat muut suureet)
- lämpötilan mittaus vastusantureilla
- kaapelivian paikallistaminen
- maadoitusresistanssin mittaus
- induktiivinen tai kapasitiivinen asentomittaus
- sähkökomponenttien mittaukset
- käämin lämpenemismittaus
- eristimien häviöiden mittaus.

9.7 Wheatstonen silta

Wheatstonen siltaa tavallisemmin käytetään resistanssin mittaukseen. Sitä käytetään staattisen ja dynaamisen sähkövasteen mittaamiseen. Wheatstonen piiriä voidaan käyttää myös lämpötilan kompensointiin. Kuvassa 15 on Wheatstonen silta. Sillan tasapainoehto voidaan todeta piirianalyysin avulla. Tasapainossa olevat solmupisteet a ja b ovat samassa potentiaalissa, jolloin voidaan tasapainoehdon ratkaisemista varten kirjoittaa yhtälö. [3; 19.]



KUVA 15. Wheatstonen silta, jossa R_x on mitattava resistanssi.

$$\begin{cases} I_1 R_1 = I_2 R_2 \\ I_1 R_x = I_2 R_3 \end{cases}$$

josta R_x :lle saadaan lauseke

$$R_x = \frac{R_1 R_3}{R_2}$$

Tavallisesti wheatstonen sillan mitoituksella pyritään saamaan haarojen resistanssit suunnilleen yhtä suuriksi. Jos kuitenkin huomattavia eroja muodostuu, pyritään vastukset kuitenkin saamaan siten, että [3.]

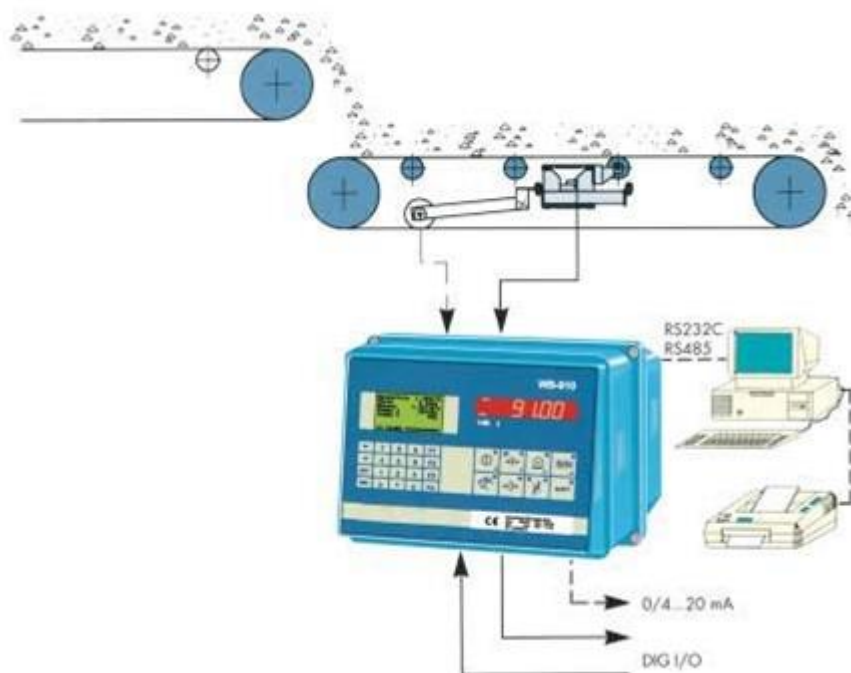
$$R_3 \approx R_2 \text{ ja } R_1 \approx R_x$$

Sillan tarkkuuteen vaikuttavat lähinnä R_1 -, R_2 - ja R_3 -vastuksien virheet sekä nollaindikaattorin tasapainovirhe eli ns. herkkyys ja lukemavirhe. Syöttöjännite ei vaikuta lainkaan sillan tasapainokohtaan. Yleensä kaksi liuska-anturia on puristuksissa ja toiset pingotettuina (positiivinen). Esimerkiksi R_1 ja R_3 on pingotettu ja R_2 sekä R_x on puristettu (negatiivinen), lähtö (G) suhteutetaan kaikkien erikseen mitattujen antureiden venymien summaan. [3; 19.]

Wheatstonen siltaa voidaan myös käyttää vaihtojännitteellä. Silloin erojännitekin on vaihtojännite, sekä eroelin on vaihtovirtavahvistin. [3.]

9.8 Summaava hihnavaaka

Summaava hihnavaaka mittaa jatkuvatoimisesti kuljetinhihnalla liikkuvan materiaalin painon ja hihnanopeuden perusteella. Kuvassa 16 on Lahti Precisionin –hihnavaaka järjestelmän periaate.



KUVA 16. Summaava hihnavaaka ja WB-910 vaakaelektroniikka

Kun halutaan keskeytymätön, automaattinen ja tarkka materiaalivirran on kyseinen mittausjärjestelmä ihanteellinen siihen tarkoitukseen. Tällaisia hihnavaakoja käytetään hake-, hiekka-, hiili-, malmi-, murske-, sementti- ja lannoitekuljettimissa, joissa mas-savirrat ovat 1-6000 t/h ja hihnaleveydet 400 – 2000 mm. [21.]

Keskusyksikkö WB-910 on kehitetty vaativaan teollisuusympäristöön ja toimitetaan tiiviissä (IP66) painevalukotelossa. Vaakaprosessori lukee ja käsittelee punnitusantu-rilta ja nopeusanturilta tulevat signaalit nopeasti. Nopeusanturina käytetään kuljetti-men taittopyörän akselille asennettavaa mallia tai kuljettimenhihnalle asennettavaa juoksupyörämallia. Useimmiten keskusyksiköt on varustettu neljällä digitaalitulolla (Din) ja neljällä digitaalilähdöllä (Dout). [21.]

Vaakaelektroniikan WB-910 toimintoja:

- viritysarvojen tallennus ja suojaus
- ohjelmat testipaino- ja massaviritykselle
- vaa'an nollausohjelma (tyhjällä hihnalla)
- ohjelma virityksen tarkistukselle testipainoilla
- sisäinen toimintaa valvova tarkistus virheilmoituksineen
- kaksi summalaskuria ja määräerälaskuri
- LED-näyttö summautuvalla massalla (t) tai massavirralla (t/h)
- LCD-näyttö parametrien ja vaa'an toimintojen ilmaisuun.

9.9 Kalibrointi

Useita eri kalibrointitekniikoita voidaan käyttää hihnavaa'an sovelluksiin. Luotettavampina niistä on materiaalitestausta. Vaa'an viritystä varten tulee asetella toimintoparametrit keskusyksikölle ja vaaka viritetään testipainoilla ja todellisella materiaalilla. Viritysparametrit tallentuvat keskusyksikön muistiin. Myöhemmin pystymme ajamaan testipainoilla virityksen tarkastusohjelman, jolla pystytään katsomaan vaa'an virityspoikkeamat prosentteina. Tällä tavoin punnitus tarkkuuden toteaminen ja tarkkuuden ylläpito on helppoa kunnonvalvonnan ja huoltotöiden yhteydessä. [21; 22.]

9.10 Asennus

Yleensä asennus tapahtuu ottamalla tavallinen rulla pois ja tilalle asennetaan painoanturilla varustettu rulla. Hihnakuuljetin saa olla normaalioloissa enintään 15° astetta vaakatasossa. Tämä johtuu siitä, koska materiaali voi vieriä alas kuljettimella ja se punnitaan silloin kahteen kertaan. Venymäanturiin ulostulona on erittäin matala jännitesignaali, joka edellyttää vähintään 100 mV:n herkkyyttä. Matalan signaalin takia se tekee siitä erityisen herkän muiden sähkölaitteiden aiheuttamille häiriöille. Vaihtovirtakaapelit voivat aiheuttaa kapasitiivisen kytkennän tai maavirtoja, sen takia tulisi signaalikaapeli asentaa erilliselle hyllylle. [19; 22.]

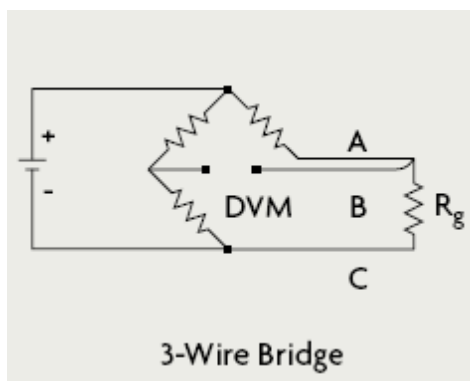
9.11 Suojaaminen

Sähköiset häiriöt ja kohinat ovat ongelmina teollisuudessa, mutta ne voidaan ratkaista suojauksilla. Johdinlankojen ympärillä on häiriönsuojalanka, joka sieppaa häiriöitä ja

myös vähentää mahdollisten virheiden aiheutumisia. Suojaus suojaa mittausta myös kapasitiiviselta kytkennältä. Mittajohdot tulisi kaapeloida pois sähkömagneettisia häiriöitä aiheuttavista kohteista, kuten muuntimista. Tällöin kumoutuvat kaikki ylimääräiset häiriötekijät. Suojattuja mittausjohtoja käytetään lähes poikkeuksetta teollisuudessa. Mittalaitteiden suojaus on yhtä tärkeää kuin häiriösuojatut mittajohdot. [19.]

9.12 Johdon vaikutus

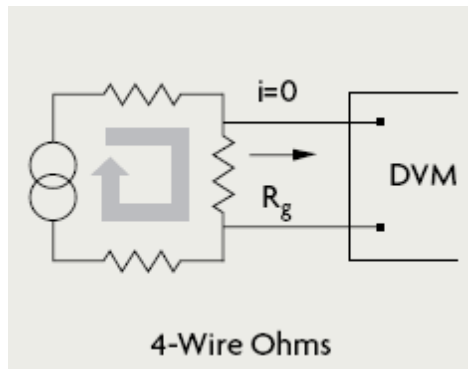
Venymäanturit kiinnitetään tiettyyn paikkaan mittauslaitteesta. Tämä lisää lämpötilavaihteluista aiheutuvia virheitä, johdon herkkyyden heikentymistä ja johdon vastuksen muuttumista. 3-johdin kytkennällä voimme korjata haitta vaikutuksia. Kuvassa 17 on esitetty kytkentäkuva.



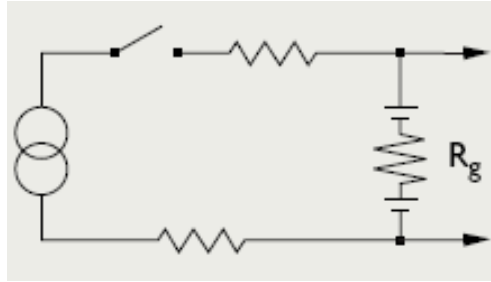
KUVA 17. 3-johdin silta [19.]

Tällaisessa kytkennässä johdin C toimii havaitsevaan johtona, jossa ei kulje virta, ja johdot A ja B sijaitsevat sillan vastapäisissä haaroissa. Tämä on hyväksytty tapa kytkeä venymäantureita siltaan, jotta pystyttäisiin poistamaan virheitä ainakin jonkin verran. [19; 20.]

Täydellinen kompensointi teoriassa on mahdollista saavuttaa, mikäli ilmaisimeen kiinnitetyllä johdoilla on sama nimellisvastus, sama lämpötilakerroin ja niiden lämpötila pysyy samana. Johtojen valmistuksessa on kuitenkin huomioitu n. 10 % toleranssi ja 3-johdin kokoonpanot eivät täysin eliminoi virheitä. Jos halutaan kuitenkin vielä tarkempaa tulosta, niin kannattaa harkita 4-johdin piiriä (kuva 18) ja kompensoivaa piiriä (kuva19).



KUVA 18. 4-johdin piiri



KUVA 19. Kompensoiva piiri

2-johdinta käytettävissä laitteistoissa johdon vastuksen aiheuttama virhe liittyy suhteen R_1/R_g vasteen toimintaan. Jos johdon vastus on yli 0,1 % verrattuna anturin vastukseen, on virhetekijä tuolloin merkittävä. Tämän takia tulisi kaapelin vedot pitää mahdollisimman lyhyinä teollisuuden ympäristössä tai sijoittamalla lähetin suoraan anturiin. [19; 20.]

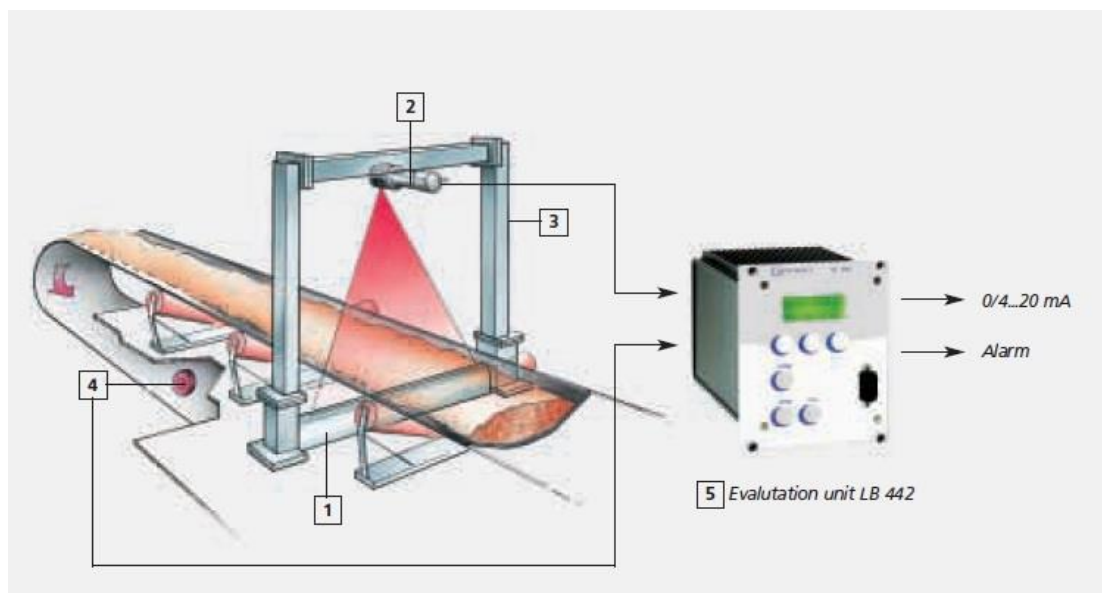
10 RADIOMETRINEN MITTAUS

Jokaisen radiometrisen mittalaitteen toiminta perustuu säteilyn ja tutkittavan aineen välisiin vuorovaikutuksiin:

- absorptioon
- sirontaan
- väliaineen virittymiseen
- ydinreaktioihin
- sekundaarisen säteilyn syntymiseen joko yhteen ilmiöön tai näiden yhdistelmiin. [6.]

Kuvassa 20 on radiometrinen hihnavaaka ja sen osat, joista se tyypillisesti koostuu: 1. sauvamainen säteilylähde 2. pistemäinen ilmaisins 3. vaa'an tukipilari (lyijystä) ja sivu-

suunnan säteilysuojus 4. kierrosnopeus anturi 5. Mittausyksikkö LB 442. Signaali vaihtoehtoina on joko 0-20 mA tai 4-20 mA ja hälytys. [8.]



KUVA 20. Radiometrinen hihnavaaka LB442 [8.]

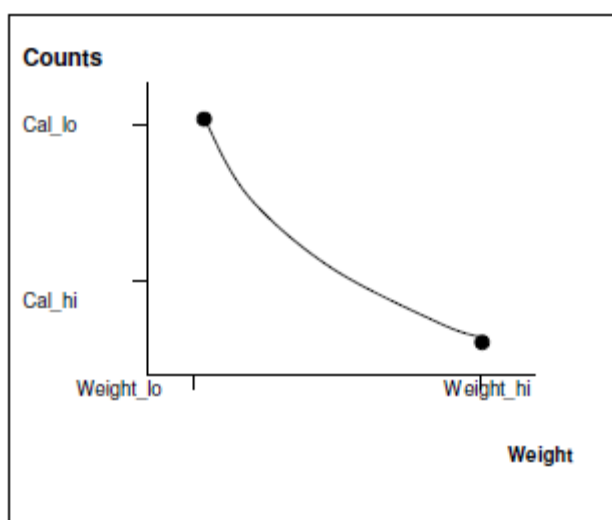
Tällaisia sauvamuotoisia säteilylähteitä käytetään erityisesti hihnakuljettimilla. Ilmaisimen ja säteilylähteen välissä oleva materiaali vaimentaa osan säteilystä. Säteily vaimenee mitä enemmän kuljettimella tavaraa kulkee. Mittausyksikkö määrittelee säteilymäärästä kuljettimella kulkevan massan. Ilmaisimien ja mittauselektronikkayksikkö on yhdistetty kaksijohdinkaapelilla ja takometri kytketään kolmijohdin kaapelilla mittausyksikköön. Kun tiedetään kuljettimen kulkunopeus, saadaan selville hihnan tai ruuvien aikayksikössä kuljettama ainemäärä. Tällaisilla radiometrisillä kuljetinväailla voidaan mitata massavirtauksia alueilla 0-200 kg/h tai 0-10000 t/h. [6; 8.]

Etuja radiometrisessä mittauksessa ovat: pitkät käyttöiät, vähäiset huollon tarpeet, ei liikkuvia osia ja ei tarvitse olla kosketuksissa mitattavaan aineeseen. Koskettomuuden ansiosta seuraavat asiat eivät vaikuta mittaustarkkuuteen:

- kuljettimen hihnan kireyden ja liikkeen vaihtelut
- värinä
- tuuli
- muut mekaaniset voimat.

Radiometristä järjestelmää käytetään, kun halutaan tarkka virtausmittaus. Monilla liukuhihnakuljettimilla käytetään juuri radiometristä mittausta. Massavirtausmittauksessa se onkin yksi hyvistä mittausten menetelmistä. [8; 9.]

Radiometrinen mittaus perustuu säteilyn absorboitumiseen, gammasäteilyn kautta mitataan kuljettimella kulkevaa massavirtauksia. Säteilylähteet ovat suojattuja, jotta ne säteilevät vain tiettyyn suuntaan. Perustana hyvään mittaustulokseen on oikein suoritettu kalibrointi. Kalibrointi tehdään ajamalla ensin tyhjänä olevaa kuljetinta ja sen jälkeen asetellaan kalibrointilevy. Kuvassa 21 kalibrointikäyrä. [9; 10.]



KUVA 21. Kalibrointikäyrä graafisesti

Säteily voidaan laskea kaavasta:

$$R_c = R_0 + \ln\left(\frac{I_0}{I_c}\right) * \frac{1}{uT} * a$$

R = mitattava paino

R₀ = taaraus paino

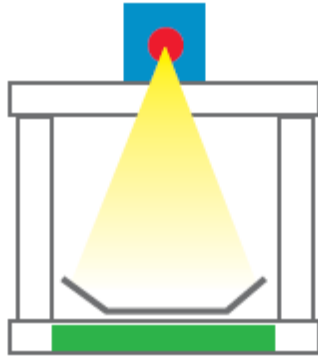
I₀ = ilmaisimen signaali, kun tyhjä kuljetin

I_c = ilmaisimen signaali, kun tavaraa kuljettimella

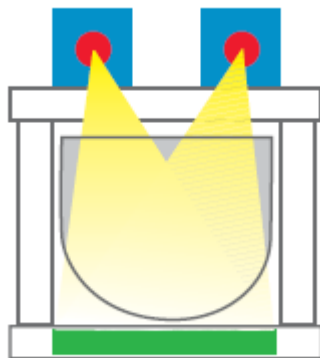
uT = absorboitumiskerroin

a = kuljettimen leveys

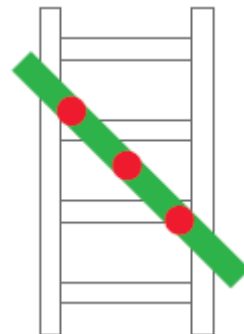
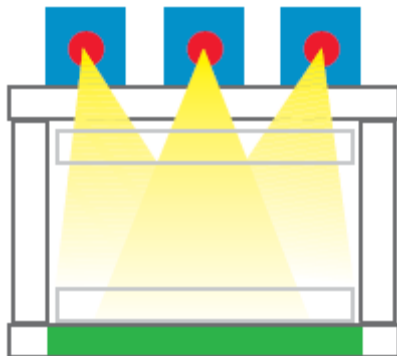
Mittausperiaatekuvia:



KUVA 22. Mittausperiaate hihnakuuljettimella



KUVA 23. Mittausperiaate ruuvikuljettimella



KUVA 24. Mittausperiaate kolakuuljettimella

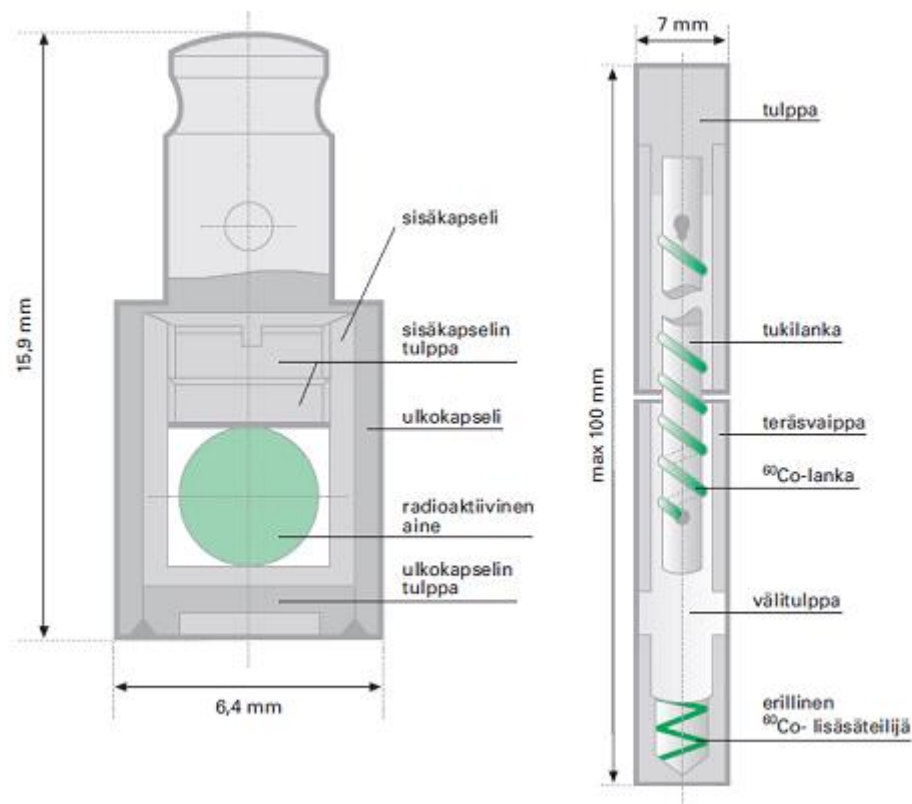
Kolakuljettimen säteilijät sijoitetaan vinottain kuljettimeen nähden, jolloin hitaasti liikkuvat kolat eivät häiritse mittausta.

10.1 Umpi- ja säteilylähteet

Umpi- ja säteilylähteiden radioaktiivinen aine on suljettu kapseliin tai se on päällystetty, jotta sitä ei voi kosketella. Umpilähteet tulee valmistaa ja testata kansainvälisesti hyväksyttyjen standardien mukaan (ISO 2919). Standardeissa vaaditaan, että umpilähde on tiivis ja puhdas pinnaltaan. Standardeissa on myös esitelty menetelmät, miten tiiviys ja puhtaus todetaan. Kun umpilähteitä ostetaan, tulee mukana sertifikaatti, jossa ilmoitetaan olennaiset tiedot säteilylähteestä.

- nuklidi
- valmistuspäivä
- valmistusnumero
- aktiivisuus
- vakuus lähteen tiiviystä ja miten se on todettu.

Kapselimateriaali valitaan ympäristöolosuhteita kestäviksi, jolla pyritään varmistamaan siitä, että radioaktiivinen aine pysyy kapselissa eikä valu ympäristöön. Kuvassa 25 pistemäinen- ja sauvamainen säteilylähde. [6.]



KUVA 25. Pistemäinen säteilylähde (vasen) Sauvamainen säteilylähde (oikea) [6.]

Säteilylähteissä käytetään yleensä gammasäteilijöinä nuklideja ^{60}Co , ^{137}Cs , ^{241}Am .

Nuklidi	Puoliintumis-aika	Säteilylaji	Energia MeV	Tyypillinen käyttötarkoitus
^{60}Co	5,27 a	γ	1,17; 1,33	Pinnankorkeusmittari, pintakytkin, kuljetinvaaka
^{137}Cs	30,2 a	γ	0,662	—
^{241}Am	432,7 a	α, γ	5,5 α 0,060 γ	ioni-ilmaisin, neutronilähde, tiheysmittari, analyysointilaitte
^{109}Cd	1,27 a	γ	0,022; 0,087	analyysointilaitte
^{55}Fe	2,68 a	γ	0,0059	tuhkamittari, analyysointilaitte
^{192}Ir	74,0 d	γ	0,32; 0,47	gammaradiografialaite
^{85}Kr	10,7 a	β	0,687	pinta-alamassamittari
^{147}Pm	2,62 a	β	0,225	pinta-alamassamittari
$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$	29,1 a	β	0,546; 2,284	pinta-alamassamittari

KUVA 26. Eniten käytetyt nuklidit teollisuudessa [6.]

Suurissa kuormissa käytetään Co-60:ta, ja sen puoliintumisaika on 5,27 vuotta. Usein käytetään Cs-137-nuklidia virtamittauksissa. 0,662 MeV energia on riittävä mittaamaan useimpia hihnakuormia. Suojausmenetelmät on Cs-137-nuklideilla pienemmät mitä Co-60:llä. Pitkän puoliintumisajan vuoksi säteilylähdettä ei tarvitse vaihdella usein. Am-241:llä on alhainen energia, jonka ansiosta sillä on puoliintumisaika 432,7 vuotta. Tämän takia myös lyijysuojus ei tarvitse olla suuri. Tätä nuklidia tosin käytetään aika harvoin, koska sen säteilyenergia on niin alhainen. Sitä käytetään silloin, kun hihnakuljettimen kuormat ovat alhaiset. Matalan säteilyenergian johdosta pitää huomioida myös säteilyn vaimennus, koska se riippuu myös tuotteen painosta ja korkeudesta sekä atomin järjestysluvusta. [6.]

Umpilähteiden keskeiset rakennevaatimukset ovat seuraavat:

- Säteilylaitteen rakenne tulee olla sellainen, että laitteen huollosta ja käytöstä aiheutuva säteilyannos jää niin pieneksi kuin mahdollista.
- Laite tulee valmistaa sellaisista materiaaleista, jotka kestävät säteilyn vaikutuksia sekä ympäristöolosuhteita.
- Laite tulee suunnitella siten, että säteilylähde pysyy myös tulipalossa säteilysuojuksessa. Tulipalossa suojuksen suojauskyky ei saa heikentyä huomattavasti.
- Umpilähde tulee varmistaa sinetillä tai lukolla.

- Laitteen säteilysuojus tulee valita siten, että säteilykeilan koko on rajoitettu mahdollisimman pieneksi.
- Laitteen säteilynilmaisimien tulee valita siten, että voidaan käyttää aktiivisuudeltaan mahdollisimman pientä säteilylähdettä.
- Laitetta pitää myös voida siirtää turvallisesti tarvittaessa. [22; 23.]

10.2 Kuljettimien säteilylähteiden suojaukset sekä kilvet ja merkinnät

Hihna-, ketju- ja ruuvikuljettimille on erikoisrakennettuja kehyksiä, jotka estävät säteilyä säteilemästä ulkopuolelle kuljettimesta. Suojausta voidaan rakentaa esimerkiksi teräksestä tai volframista. Kehyksiä on kahdenlaisia Co/Cs:lle ja Am:lle. Suojuksina käytetään PROOF -malleja SH-F1 ja SHG. Suojausputkien halkaisijat ja säteilyn leveys vaihtelevat. Kuvassa 27 on W4800-mallin kuljetinvaaka'än kehys. [6; 18.]



KUVA 27. W4800 kuljetinvaaka kehys

Ilmaisimien on asennettu poikkipalkkiin. Säteilijäosat sijoitetaan kuljettimen yläpuolelle. Mitattava materiaali virtaa ilmaisimen ja lähteen välissä. Jos sauvalähteeseen tulee vikoja, se pystytään vaihtamaan toisesta päästä. [6; 18.]

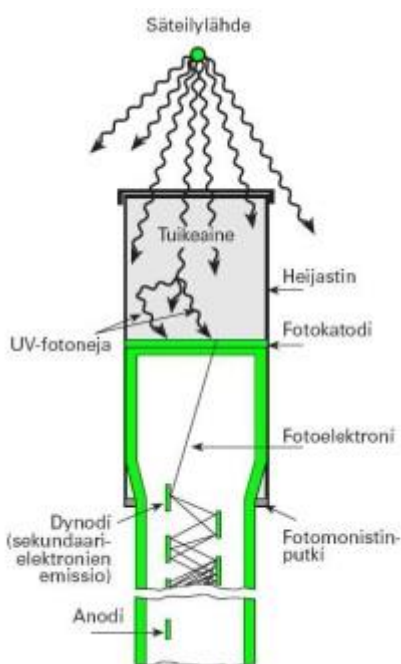
Radiometrinen mittalaitteiden säteilylähteosassa tulee olla ionisoivan säteilyn varoitusmerkki sekä kilpi, jossa näkyy laitteen tyyppi, valmistaja, valmistusnumero, radionuklidit, sen aktiivisuus ja aktiivisuuden toteamisajankohta. Säteilylähteeseen on myös kiinnitettävä pysyvästi käyttöolosuhteita kestävästä aineesta valmistettu kilpi, jossa on lähteen numero tai tunnistenumero, jolla lähde on kirjanpidossa yksilöity.

Kiinteästi asennetun säteilylähteen läheisyyteen pitää sijoittaa näkyvä ionisoivan säteilyn varoitusmerkinä. Varoitusmerkin tekstiosassa tulee ilmoittaa etäisyys, jota lähempänä säteilylähde ei saa oleskella jatkuvasti. Etäisyyttä arvioitaessa pitää huomioda, että säteilyalttiutta pidetään niin alhaisena kuin mahdollista eikä muiden kuin säteilyä tekevien työntekijöiden annos saa ylittää arvoa 0,3 mSv vuodessa.

Jos laitteen säteilykeilaan on mahdollisuus päästä esimerkiksi miesluukun kautta, tulee keilaan johtavalle kulkureitille sijoittaa kilpi, jossa määrätään sulkemaan säteilylähteen suljin ennen tilaan menoa. [24.]

10.3 Ilmaisim

Ilmaisimet tarjoavat suuren herkkyyden gammasäteilylle, eikä säteilykenttä rajoita niiden käyttöä. Sisäänrakennettu mikroprosessori laskee pulssimäärät, mittaa lämpötilaa mittapäästä, lähettää tiedot ja suorittaa kalibroinnin sekä ohjaustoiminnot. Ilmaisim kytetään kaksijohdin kaapelilla mittaussyksikköön. Kuvassa 28 on tuikeilmaisim. [8.]



KUVA 28. Tuikeilmaisim

Ilmaisimen sisällä on erikoiskide, joka tuottaa gammasäteilyä saadessaan valonvälähdystä. Valonvälähdysten lukumäärä aikayksikköä kohti kertoo mitatun säteilykentän voimakkuuden.

10.4 Asennus

Laitteet tulee asentaa siten, ettei käytön aikana mikään kehon osa voi joutua säteilylähteen primäärikeilaan tai altistua säteilylle seuraavia määriä:

- syväannosnopeus 500 $\mu\text{Sv/h}$
- pinta-annosnopeus 2000 $\mu\text{Sv/h}$.

Säteilylaitteen asentamisen ja irrottamisen saa ainoastaan suorittaa sellainen henkilö, jolla on riittävä pätevyys työn suorittamiseen. Työn aikana sulkimen tulee olla kiinni-asennossa ja lukittuna. Asentajalla tulee olla käytettävissä tarkoitukseen soveltuva säteilymittari. Kun laitetta tarvitsee huoltaa tai tehdä töitä, joka kohdistuu säteilylähteeseen tai sen suojukseen, saa tehdä vain laitteen valmistaja tai yritys, jolla on huoltoa varten asianmukainen turvallisuuslupa.

Laitteen sisälle ei saa päästä vettä, pölyä tai muita vieraita aineita, jotta sulkimen toiminta ei häiriintyisi. Vastaavan johtajan tulee huolehtia siitä, että kaikki laitetta mahdollisesti käyttävät henkilöt tuntevat säteilylähteen toiminnan.

Toiminnanharjoittajan tulee säännöllisesti, vähintään kerran vuodessa, tarkistaa laitteiden sijaintipaikat ja varmistaa, että kaikki hänen vastuullaan olevat lähteet ja laitteet ovat tallessa ja hyvässä kunnossa. Säteilysuojuksen sulkimien ja sulkimien asentoa osoittavien merkkivalojen kunto on tarkistettava säännöllisesti ja viat korjattava mahdollisimman nopeasti. Tulee myös tarkistaa kilpien kunto, että tekstit ovat helposti luettavissa. Tarpeen vaatiessa kilvet tulee uusia. [24.]

10.5 Säteilyvalvonta

Säteilyturvakeskus (STUK) valvoo radioaktiivisia aineita. Säteilylaki tuli voimaan vuonna 1957. Säteilylain tarkoituksena on rajoittaa sekä estää säteilyjen haittavaikutuksia. ST-ohjeissa on esitetty yksityiskohtaisia säännöksiä säteilytoiminnassa. [22; 23.]

Säteilylain mukaan radioaktiivisten aineiden hallussapito, vienti, tuonti, valmistus, käyttö, kuljetus, kauppa ja säteilyä aikaansaavien koneiden sekä laitteiden käyttö on

sallittua vain erityisen turvallisuuslain nojalla. Turvallisuushupia myöntää vain STUK. Säteilylain mukaan turvallisuushupia myönnetään, jos seuraavat vaatimukset täyttyvät:

- Toiminnalla saavutettava hyöty tulee olla suurempi kuin toiminnasta aiheutuva haitta.
- Toiminta tulee järjestää siten, että siitä aiheutuva terveydelle haitallinen säteilyalttius pidetään niin alhaisena kuin käytännöllisin toimenpitein on mahdollista.
- Yksilön säteilyalttius ei saa ylittää asetuksella määrättyjä enimmäisarvoja.
- Hakemuksessa tulee olla riittävän luotettavasti osoitettu säteilyn käyttöpaikka ja käyttötarkoitus, säteilylähteet sekä säteilyn käyttöön liittyvät laitteet ja varusteet.
- Säteilyn käyttöorganisaatio
- Järjestelyt toiminnassa mahdollisesti syntyvistä radioaktiivisista jätteistä huolehtimiseksi pitää olla sellaiset, että säteilyä voidaan turvallisesti käyttää. [22; 23.]

Turvallisuushupan hakeminen tapahtuu täyttämällä hakemus STUK:ssa tai STUKin internetsivuilla. Hakemukseen tulee liittää säteilyn käyttöorganisaatiota koskeva organisaatioselvitys, jossa nimetään käytön turvallisuudesta vastaava johtaja. Siinä tulee lisäksi esitellä säteilyn käytön laatu ja laajuus sekä olosuhteet säteilyn käyttöpaikalla huomioiden nämä ehdot:

- säteilyn käyttöön osallistuvien henkilöiden pätevyydestä
- tehtävistä ja vastuista sekä
- muista järjestelyistä turvallisuuden varmistamiseksi säteilyn käyttökohteessa. [22; 23.]

Laite mitoitetaan aina tapauskohtaisesti ja annosnopeus ei saa ylittää 7uSv/h metrin etäisyydellä laitteesta. Annosnopeus mitataan aina käyttöönottilanteessa ja varmistetaan turvallisuudesta. [18.]

11 SAHATAVARAN SIVUTUOTTEET

11.1 Syntyminen prosessissa

Sahatavaran valmistuksessa syntyy sivutuotteina haketta, kuorta ja purua. Sahatavaran valmistusprosessissa märkää haketta syntyy pyörösievennyksessä, sahauksessa ja sär-

mäyksessä. Kuivaa haketta tulee, kun kuivauksen jälkeen vioittuneet ja rikkiäiset kappaleet haketetaan. Purua syntyy puuraaka-aineen työstön yhteydessä: sahauksessa, särmäyksessä, tasauksessa, haketuksessa ja esitasauksessa. Tukkien kuorinnassa syntyy kuorta. [13.]

11.2 Saanto

Kuorellisen tukista sahatessa saadaan keskimäärin 45 - 50 % sahatavaraa, haketta 28 - 32 %, purua 10 - 15 % ja kuorta 10 - 12 %. Sivutuotteiden määrä vaihtelee suuresti laitoksittain esimerkiksi sahan koosta, sahaustavoista, valmistettavasta tuotteesta ja koneista. Yleensä hakkeen osuus on suurempi silloin, jos halutaan sahatavarasta täysisärmäisempää. [13.]

11.3 Hakkeen kuljetus

Hakekuljettimina käytetään yleensä hihna-, kola- ja tärykuljettimia, sekä lyhyillä kuljetus matkoilla pneumaattisia kuljettimia. Purun kuljetuksessa käytetään yleisesti hihnakuljettimia. Sahalla hake ja puru yleensä varastoidaan joko maakasoina tai siiloissa. Hakkeen ja purun kuljetus yleensä kuljetetaan jatkokäyttöön rekoilla ja pitkillä matkoilla käytetään myös junia. Kuvassa 29 on Misawa Oy:n hihnakuljetin. [13.]



KUVA 29. Hihnakuljetin

12 PARANNUSEHDOTUS

Parannusehdotuksina olen valinnut kaksi eri vaihtoehtoa, jotka ovat punnitusvaaka- tai radiometrinen mittaus suoraan hihnavaa'alle. Nykyisten olosuhteiden takia halvemmaksi ratkaisuksi tulisi punnitusvaaka. Vaakakuljetin, joka tiputtaa hakkeen pūruseulaan on liian suuressa kulmassa (noin 30°), jonka takia siihen ei voi asentaa punnitusrullastoa tai radiometristä hihnavaakaa. Siinä on suuri riski, että hake alkaa valumaan ja tuolloin mittaus mittaisi kyseisen hakkeen useampaan otteeseen. Suurin sallittu asennus kulma, johon punnitusrullastoja voidaan asentaa, on noin 15° astetta.

Tilaan johon mittaus asennetaan, tulisi se olla lämmin. Liitteessä 5. on nykyinen tilanne ja ehdottaisin liitteen 6. mukaista muutosta uuden hihnakuljettimen asennusta varten. Tässä tulisi siirtää vaakakuljetinta ja toimilaitteita 3 metriä ulospäin, jotta uusi hihnakuljetin mahtuisi sisätilaan. Seinää tulisi jatkaa ulospäin myös, jotta uusi kuljetin ja punnitusjärjestelmä olisi suojassa ulkoisilta tekijöiltä.

Uusi vaaka asennetaan siten, että mitataan koko kuljettimen painoa. Kun halutaan mitata koko hihnakuljettimen painoa, niin 3 metriä oli minimi pituus kuljettimelle. Tällöin voitaisiin mitata hakkeen massavirtausta ja saataisiin mahdollisimman tarkka mittaustulos. Kalibroinnissa tulee huomioida hakkeen putoamisesta aiheutuva dynaaminen kuorma.

Uusi punnitus järjestelmä tulisi maksamaan asennukset mukaan lukien noin 6200 € + alv %. Asennukseen ja kalibrointiin menee pari päivää. Muihin muutoksiihin pitäisi varata 3 viikkoa. Tällöin sahalaitoksen tulisi olla muutostöiden ja testauksien ajan pois toiminnasta.

Järjestelmän kaapeloinnissa voidaan hyödyntää vanhan radiometrisen vaa'an kaapeleita. Uudelle hihnakuljettimen moottorille tulisi tuoda syöttökaapeli.

Näiden muutostöiden avulla mittaus olisi sisätiloissa, jolloin välttyttäisiin ilmastosta aiheuttamilta mittausvirheiltä. Ei olisi myöskään enää ruuvin kulumisen aiheuttamaa mittausvirhettä.

13 YHTEENVETO

Tässä opinnäytetyössä selvitin, että on kaksi eri tapaa mitata kyseisessä kohteessa hakkeen massavirtausta. Yksi tavoista on käyttää punnitusantureita ja toinen tapa on käyttää radiometristä hihnavaakaa. Tarkoituksena oli myös vertailla mikä olisi paras vaihtoehto. Molemmissa tavoissa oli hyviä että huonoja puolia.

Punnitusantureina hihnakuljettimilla käytetään joko yksi- kaksi- tai monirullaisella varustettuja kuljettimia. Yleensä ne lisätään normaalin rullan tilalle jos vain mahdollista. Näihin järjestelmiin kuuluu venymäliuska-anturit, mittaussyksikkö ja pyörimisnopeusanturi. Etuina näissä ovat kalibroinnin helppous, riittävä tarkkuus sekä vähäisen huollontarve.

Toisena mittaustapana on radiometrinen vaaka. Tämän etuina on tarkkuus, lähes huoltovapaa ja kosketukseton mitattavaan materiaaliin. Kun mitattavaan aineeseen ei tarvitse olla kosketuksissa, ei tällöin tarvitse huolehtia hihnan kireydestä tai tärinöistä. Radiometrinen mittaustapa on kuitenkin todella kallis ja tarvitsee käyttölupia, sekä tulee järjestää säteilyturvallisuutta koskevia kursseja työntekijöille, jotka työskentelevät radiometristen lähteiden ympärillä. Säteilylähteen pitkän puoliintumisajan takia, säteilylähteitä ei tarvitse useasti vaihdella.

Parannusehdotelmaan valitsin sellaisen järjestelmän mikä olisi halvin ja muutostyöt mahdollisimman pienet. Kyseinen järjestelmä tulisi toteuttaa punnitusanturein ja voitaisiin vanhan kaapelointeja käyttää hyväksi.

Työn tekemisessä haastavinta oli lähteiden etsiminen, koska suurin osa kirjallisuudesta löytyi internetistä. Kuitenkin koulun tiedonhaun hakuohjelmat avustivat opinnäytetyön lähteiden etsimisessä paljon. Työni oli mielenkiintoinen ja sain hyviä neuvoja opinnäytetyön ohjaajalta.

LÄHTEET

- [1] Etelä-Savon Energia. www.es.fi. Päivitetty: 5.3.2013. Viitattu: 2.1.2013.
- [2] Misawa-Homes. <http://www.misawa-homes.com>. Päivitetty: 2.7.2010. Viitattu: 23.1.2013.
- [3] Aumala, O. 2002. Mittaustekniikan perusteet. Helsinki; Hakapaino Oy
- [4] SCL – perusteet.
http://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCsQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.cc.puv.fi%2F~my%2FKURSSIMATERIAALIT%2FOHJ_PERUST_S12_2N%2FTEORIAA_MANUAALIT%2FSCL_MALLI_14.3.%2F52012.docx&ei=XSz4UMi4JO744QTlyIGoBg&usg=AFQjCNHAupk8tahZOHmEwlRqIYnzsoGauQ&bvm=bv.41018144,d.bGE&cad=rja
Päivitetty: 14.3.2012. Viitattu: 25.1.2013.
- [5] Parikka, R. Mäkelä, K. Sarsama, J. ja Virolainen, K. Hihnakuuljettimien käytön turvallisuuden ja luotettavuuden parantaminen. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus, 2000. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2000/T2036.pdf>
Päivitetty: 28.4.2003. Viitattu: 26.1.2013.
- [6] Väisälä Seppo, Korpela Helina, Kaituri Mauri. Säteilyn käyttö teollisuudessa ja tutkimuksessa.
http://www.stuk.fi/julkaisut_maaraykset/kirjasarja/fi_FI/kirjasarja3 Päivitetty: 5.3.2013. Viitattu: 4.1.2013.
- [7] Berthold. <http://www.berthold-us.com/industrial/literature%20and%20technical%20information/LB442.pdf>
Päivitetty: 23.8.2001 Viitattu: 15.2.2013.
- [8] Radiometric Bulk Flow Meter LB 442.
<https://www.berthold.com/en/pc/bulk-flow-measurement/bulk-flow-meter-lb-442>
Päivitetty: 5.3.2013. Viitattu: 10.1.2013.
- [9] Ohmart vega W-4800 tekninen käsikirja.
<http://www.ohmartvega.com/downloads/ohmart/%28TRM%29%20Technical%20Reference%20Manual/31563-US.pdf>
Päivitetty:14.3.2011. Viitattu: 23.1.2013.
- [10] Käyttökäsikirja ronan X96S radiometriselle vaa'alle.
<http://www.ronanmeasure.com/pages/images/X96S%20Weight080207.pdf>
Päivitetty: 2.8.2007. Viitattu:21.2.2013.

- [11] Radiometrinen pinnankorkeuden mittaust. [http://moodle.keuda.fi/kansiot/kao-
lf/MITTAUS/RADIOMETRINEN/radiometrinen.htm](http://moodle.keuda.fi/kansiot/kao-
lf/MITTAUS/RADIOMETRINEN/radiometrinen.htm)
Päivitetty: 26.9.2007. Viitattu: 10.2.2013.
- [12] ISO 2919. Radiation protection – Sealed radioactive sources – General require-
ments and specification. <http://pbadupws.nrc.gov/docs/ML0036/ML003686268.pdf>
Päivitetty: 16.11.2012 Viitattu: 12.2.2013
- [13] Sipi, M. 2006. Sahatavaratuotanto. 3. tarkistettu painos. Helsinki; Edita Oy
- [14] Load cell technology in practice, Application note 2001.
http://www.aeroconsystems.com/electronics/load_cell_primer.pdf
Päivitetty: 23.9.1999 Viitattu: 2.1.2013
- [15] Lahti Precision – Hihnavaa’at, Luotettavaa tarkkuutta vaativaan teollisuus ympä-
ristöön. http://www.lahtiprecision.com/Teknologiapalvelut/Hihnavaaka_1106.pdf
Päivitetty: 18.3.2011 Viitattu: 11.2.2013
- [16] Straintech Finland Oy. <http://www.straintech.fi/venymaliuskat.html>
Päivitetty: 9.3.2012. Viitattu: 22.1.2013.
- [17] Lahti Precision, Punnitusanturit.
[http://www.lahtiprecision.com/fi/tuotteet_ja_palvelut/_vaaat_ja_komponentit/punnitus
komponentit/punnitusanturitvoimaanturit](http://www.lahtiprecision.com/fi/tuotteet_ja_palvelut/_vaaat_ja_komponentit/punnitus
komponentit/punnitusanturitvoimaanturit)
Päivitetty: 5.3.2013. Viitattu: 10.2.2013.
- [18] Sähköposti kyselyt Jukka Eerola, Kouvo Automation Oy
jukka.eerola@kouvo.fi
- [19] Omega, The Strain Gage.
<http://www.omega.com/literature/transactions/volume3/strain.html>
Päivitetty: 5.3.2013. Viitattu: 23.2.2013
- [20] Strain Gage Tutorial.
http://ee.sharif.edu/~industrialcontrol/Strain_Gage_Tutorial.pdf
Päivitetty: 4.10.2005. Viitattu: 1.2.2013.
- [21] National instruments. Load and Pressure measurements:
<http://www.ni.com/white-paper/7138/en>
Päivitetty: 5.3.2013. Viitattu: 12.2.2013.
- [22] Lahti Precision –summaava hihnavaaka.
[http://www.lahtiprecision.com/fi/tuotteet_ja_palvelut/_vaaat_ja_komponentit/summaa
vat_hihnavaaat](http://www.lahtiprecision.com/fi/tuotteet_ja_palvelut/_vaaat_ja_komponentit/summaa
vat_hihnavaaat)
Päivitetty: 5.3.2013. Viitattu: 5.3.2013.
- [23] Lodestone belt weigher guide, March 2007.

<http://www.lodestone-electronics.com/editor/wp-content/uploads/2011/10/Lodestone-Belt-Weigher-Guide-March-07.pdf>

Päivitetty: 16.3.2007. Viitattu: 4.3.2013.

[22] Säteilytoiminnan säännökset, Olavi Pulkkila.

http://www.stuk.fi/julkaisut_maaraykset/kirjasarja/fi_FI/kirjasarja3/

Päivitetty: 5.3.2013. Viitattu: 28.2.2013.

[23] Säteilytoiminnan turvallisuusperusteet, STUK.

<http://www.finlex.fi/pdf/normit/22496-ST1-1.pdf>

Päivitetty: 25.5.2005 Viitattu: 23.2.2013.

[24] Umpilähteiden ja niitä sisältävien laitteiden säteilyturvallisuus, STUK.

http://www.finlex.fi/data/normit/2563-5_1.pdf

Päivitetty: 13.11.2007 Viitattu: 27.2.2013.

[25] MIT-1010 Mittaustekniikka, Mittausten suorituskyky.

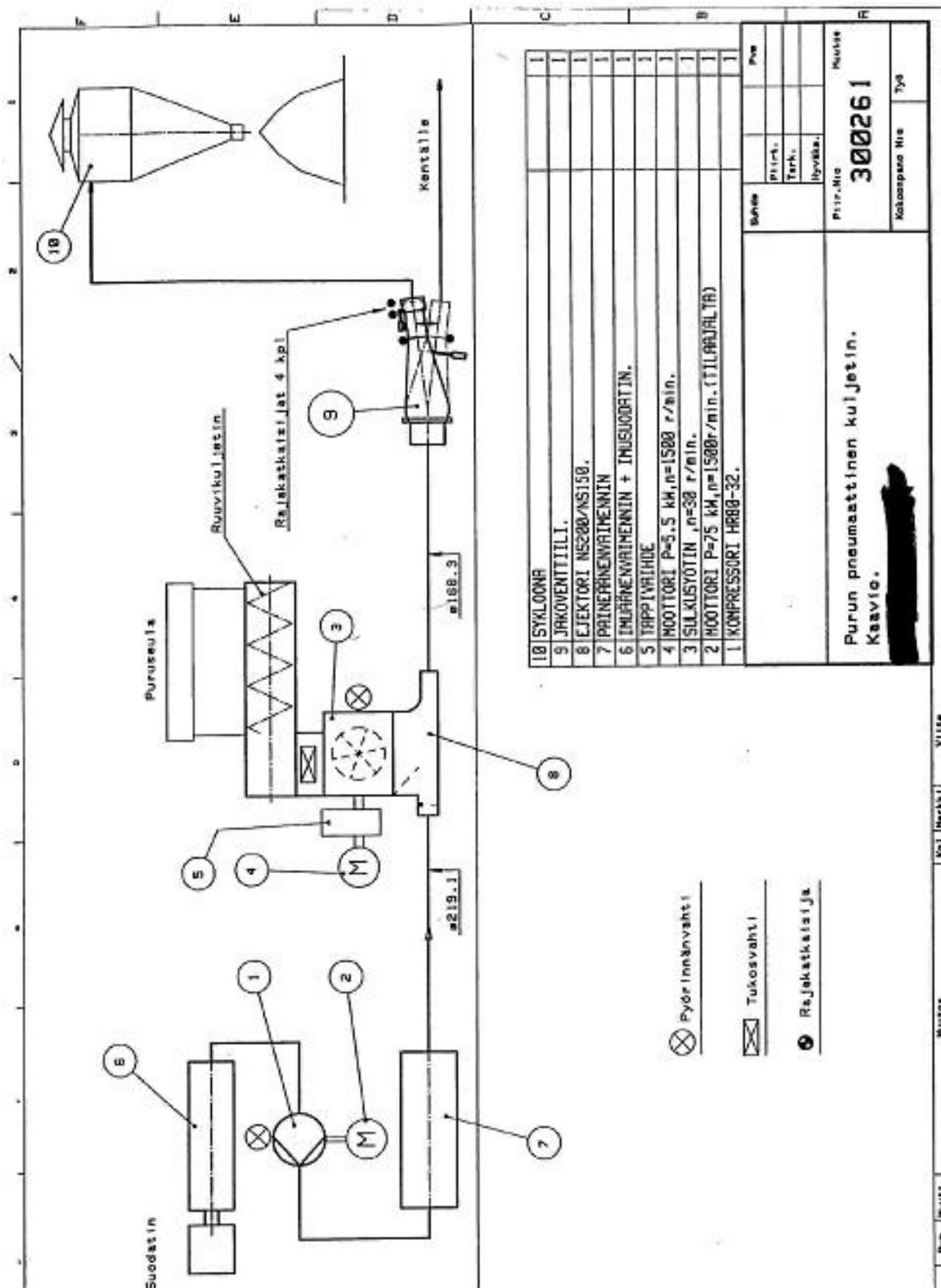
http://www.mit.tut.fi/MIT-1010/MIT-1010_Luento_8_2010.pdf

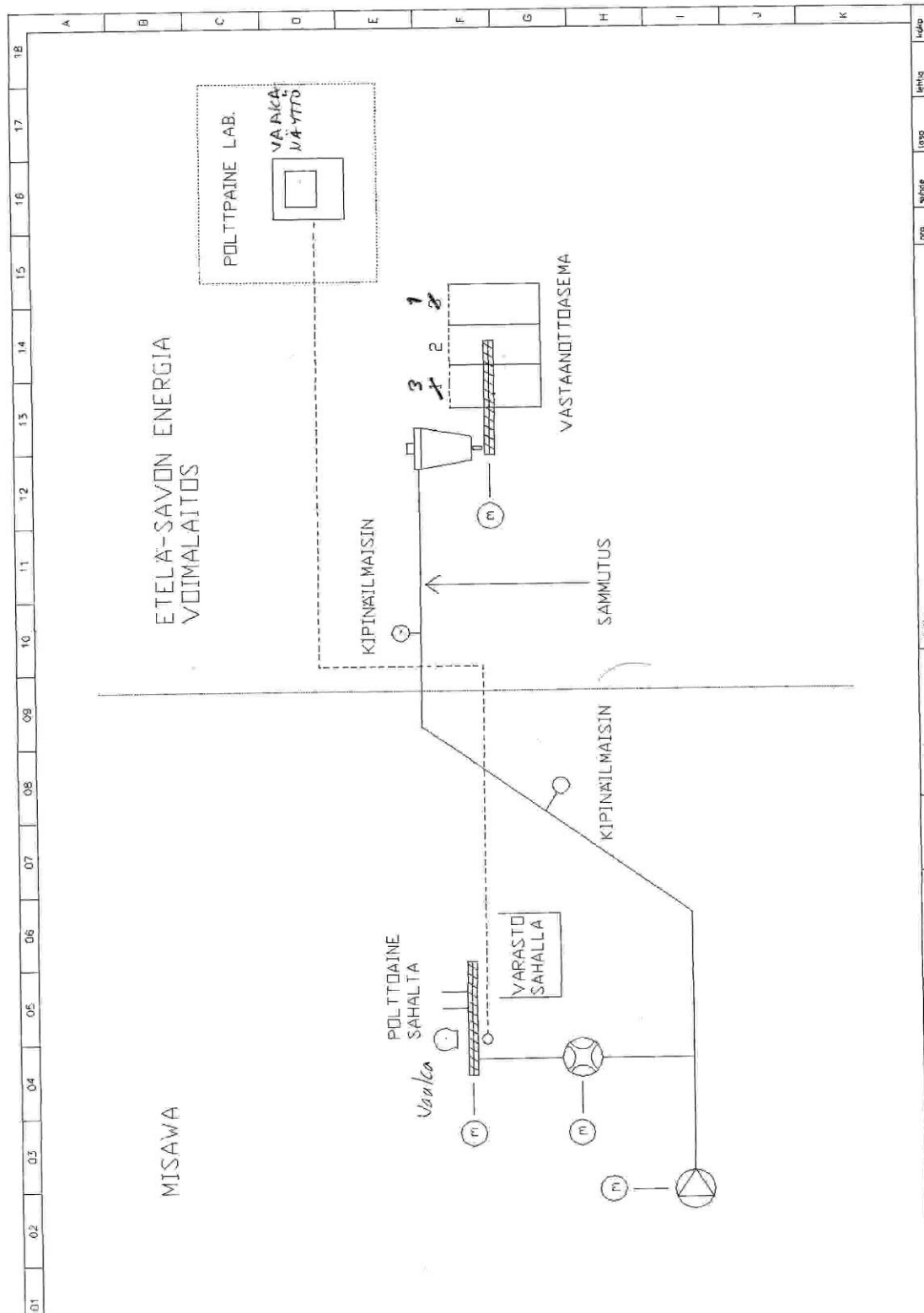
Päivitetty: 25.10.2010. Viitattu: 21.2.2013.

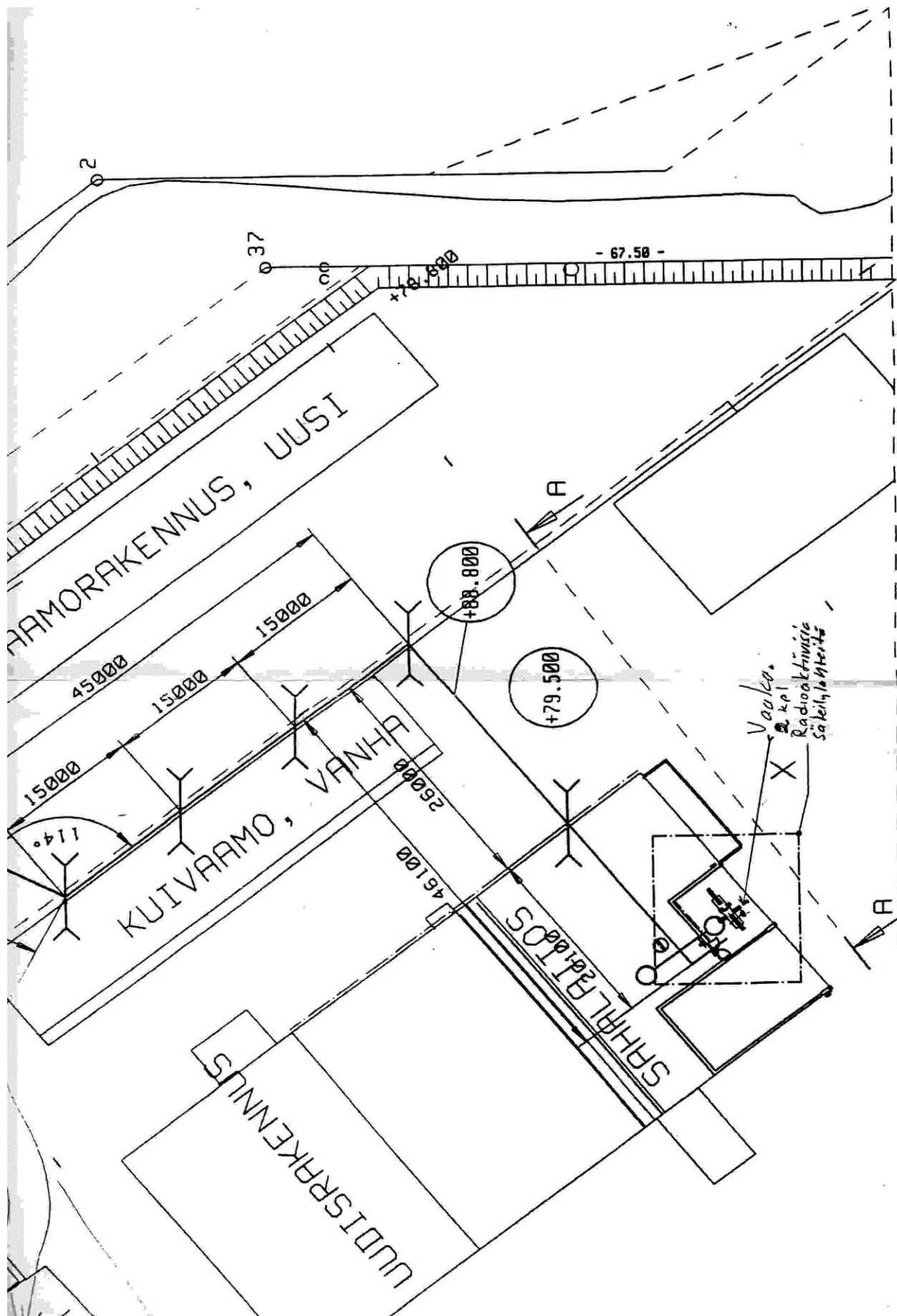
Mittausmenetelmien vertailu

	W4800	Load Cell	Beam-Balance
Conveyor Types	Belt, Screw, Apron, Bucket, Vibrating, or Drag Chain	Belt or Cable Stringer	Belt or Cable Stringer
Installation			
Support Requirements	May be bolted to conveyor frame	May be bolted to conveyor frame	Must be rigidly supported independent of conveyor frame
Space Required	Approximately 14 in (356 mm)	1-2 ft (300-600 mm)	6-10 ft (1.8-3.1 m)
Idler Alignment	Not important	Not important	Idlers must be perpendicular and square to belt center line
Portability/Relocation	Easily moved without removing conveyor	May be moved without removing conveyor	Conveyor must be removed
Conveyor Condition Effects			
Belt Tension	No effect	Variations in belt tension affects accuracy	Variations in belt tension affects accuracy
Idler Lubrication	No effect	No effect	Weighing idler lubrication requires recalibration
Process Material Effects			
Dusty Product	No effect	Dust can affect load cell accuracy	Causes wear and binding of support bearing affecting calibration
Corrosive Product	No effect	Corrosion can affect load cell accuracy	Causes wear and binding of support bearing affecting calibration
Material Spillage	No effect - can be easily cleaned	Major source of error if product becomes caught in idler	Major source of error if product becomes caught in weigh-bridge and side stringer
Environmental Effects			
Wind	No effect	Belt movement can affect accuracy	Belt movement can affect accuracy

Toimilaitteet hakkeen kuljetuksessa







LIITE 5.

Nykyinen mittaustapa



NYKYTILANNE

